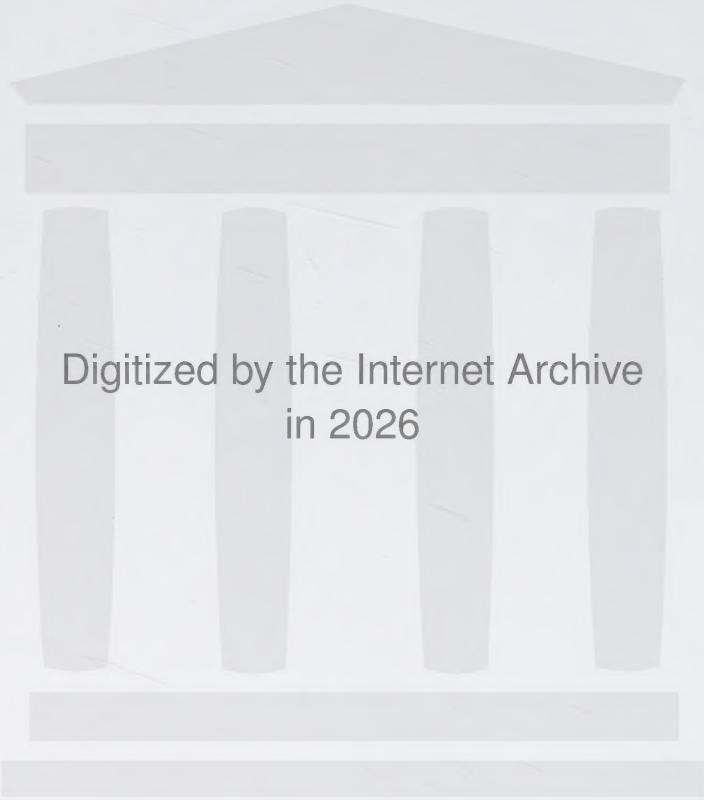


**Experimentelle Vergleiche
zwischen Phosphatzementen und
einem neuen Carboxylatzement**

von
Peter Hauch
aus
Kellinghusen

1970 # 416



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548820_0051

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
(Vorstand: Prof. Dr. A. Kröncke)
der Klinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Prof. Dr. Dr. G. Steinhardt)

Experimentelle Vergleiche zwischen Phosphatzementen und einem neuen Carboxylatzement

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Peter Hauch

aus

Kellinghusen

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen
Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan:

Prof. Dr. W. Schiefer

Referent:

Prof. Dr. A. Kröncke

Tag der mündlichen Prüfung: 1. September 1970

INHALTSÜBERSICHT

Seite

I. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
II. LITERATURÜBERSICHT	4
III. MATERIAL UND METHODEN	15
A. MATERIAL	15
1. ZINKOXYPHOSPHATZEMENTE	15
2. CARBOXYLAT-ZEMENT (Durelon)	16
B. METHODEN	18
1. HERSTELLUNG DER UNTERSUCHUNGSKÖRPER	18
2. UNTERSUCHUNG DER KONSISTENZ	21
a) Prüfkörper	21
b) Versuchsanordnung	21
c) Ausführung der Versuche	22
3. UNTERSUCHUNG AUF DICHTIGKEIT	24
a) Prüfkörper	24
b) Versuchsanordnung	24
c) Ausführung der Versuche	25
4a. UNTERSUCHUNG AUF WASSERAUFNAHME UND LÖSLICHKEIT	26
a) Prüfkörper	26
b) Versuchsanordnung	26
c) Durchführung der Versuche	26
4b. UNTERSUCHUNG ÜBER FLÜSSIGKEITSVERLUST UND ANSCHLIESSENDE WASSERAUFNAHME	28
a) Prüfkörper	28
b) Versuchsanordnung	28
c) Durchführung der Versuche	28

	Seite
IV. ERGEBNISSE	30
1. KONSISTENZVERGLEICH	30
2. DICHTIGKEITSVERGLEICH	32
3. VERGLEICH DER WASSERAUFNAHME UND LÖSLICHKEIT	36
4. VERGLEICH DES FLÜSSIGKEITSVERLUSTES UND DER ANSCHLIESSENDEN WASSERAUFNAHME	41
V. DISKUSSION DER ERGEBNISSE	45
1. Zur Methodik	45
a) Anmischkonsistenz	46
b) Dichtigkeit	46
c) Wasseraufnahme und Löslichkeit	47
2. Zu den Untersuchungsergebnissen	48
a) Konsistenzvergleich	48
b) Dichtigkeitsvergleich	49
c) Wasseraufnahme und Löslichkeit	50
VI. ZUSAMMENFASSUNG	54
VII. SCHRIFTTUM	57
VIII. ANHANG: TABELLEN	I - XI

I. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

In den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde das Zinkoxychloridzement durch das Rostaingsche Zement ersetzt. Seither werden diese Zinkoxyphosphatzemente, deren Grundzusammensetzung sich praktisch nicht mehr geändert hat, in der zahnärztlichen Praxis verwendet.

MILLER (1908) stellte eine Liste über die Anwendungsmöglichkeiten der zahnärztlichen Zemente auf, die auch heute noch zum größten Teil gültig ist:

1. als provisorische Füllungen von Milchzähnen,
2. als Unterfüllung für Gold- und Amalgam-Füllungen,
3. als Befestigungsmittel für Gold- und Amalgam-Füllungen,
4. als Wurzelfüllung,
5. zum Befestigen von Stiftzähnen, Porzellanfüllungen, Brückenarbeiten und Richtapparaten.

Die Phosphatzemente konnten den an sie gestellten Aufgaben nicht immer gerecht werden. Schon 1905 veröffentlichte MORGENSTERN eine Arbeit über die physikalischen Eigenschaften der Silikat- und Zinkphosphatzemente; er hob mehrere Schwachpunkte hervor, unter anderem die geringe Widerstandskraft gegen Säuren und die mehr oder minder große Porosität.

Ein besonderes Problem ist die Wirkung der für die Zinkoxyphosphatzemente benötigten Phosphorsäure auf die Pulpa. ABRAHAM (1912) schließt zwar in einem Vortrag eine schädigende Wirkung der Phosphorsäure nicht aus, er

zweifelt jedoch daran, da schon reine Phosphorsäure nicht sofort Verätzungen erzeugt. Wenn sie in das Dentin eindringt, müßte sie durch Lösung von Kalksalzen sofort neutralisiert werden, so daß eine Verätzung der Pulpa nur in den wenigen Fällen denkbar ist, bei denen eine fast unbedeckte Pulpa dicht unter dem Kavitätenboden liegt.

WERKENTHIN (1921) jedoch glaubt, daß das angemischte Zement (d.h. die Zinkoxyd-Phosphorsäurelösung) nur so lange gewebsreizend und nekrotisierend wirkt, wie es noch nicht erhärtet ist. Er fordert daher, das Zement nicht so dünn anzumischen, daß noch Phosphorsäure völlig ungebunden bleibt.

JAKOBSEN (1926) veröffentlichte eine Untersuchung über die "Schärfe" von Säuren bei verschiedenen Phosphatzementen. Bei allen von ihm untersuchten, nach einem bestimmten Mischungsverhältnis angemischten Phosphatzementen, wurden die Phosphorsäuren nach dem Anmischen genügend neutralisiert. Es waren also keine freien Säuren mehr vorhanden.

KNAPPWOST (1950) beschäftigte sich mit der Zersetzung bzw. Auflösung von Phosphatzement. Er behauptet, daß der Vorgang des Phosphatzementabbaues der Schmelzkaries analog sei. Er spricht deshalb auch im übertragenen Sinne von "Phosphatzementkaries". Außer dem mechani-

schen Abnutzungsprozeß, dem die Phosphatzemente im Munde ausgesetzt sind, findet ein durch Phosphatasen des Speichels katalysierter enzymatischer Abbau des Phosphatzementes statt.

Diese kurze Übersicht zeigt, daß die Zinkoxyphosphatzemente mit einigen Mängeln behaftet sind. Dies sind im wesentlichen:

1. die freie o-Phosphorsäure (im angemischten, noch nicht erhärteten Zustand)
2. die Löslichkeit im Mundmilieu.

Deshalb wurde nach Verbesserungen gesucht.

Kürzlich wurden die sogenannten Carboxylatzemente (auch als Acrylatzemente bezeichnet) der Öffentlichkeit vorgestellt. Es liegt nahe, sie mit den Phosphatzementen zu vergleichen, um ihre klinische Eignung abzuschätzen.

Vorversuche für solche Vergleiche zeigten sehr bald, daß die Vorschriften zur Standardisierung der Proben nicht ohne weiteres von den Phosphatzementen (vgl. FDI Spezifikation Nr. 6) auf die neueren Materialien übertragen werden können. Deshalb konzentrieren sich die vorliegenden Untersuchungen auf Vergleiche zwischen verschiedenen Mischungsverhältnissen bei den Zementen mit dem Ziel, am Beispiel der Konsistenz, der Dichte, der Wasseraufnahme und Löslichkeit, Grundlagen für die Standardisierung zu erhalten.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. Konsistenz

In seinen 1905 veröffentlichten Untersuchungen über die physikalischen Eigenschaften der Silikat- und Zinkoxyphosphatzemente suchte MORGENSTERN nach dem richtigen Mischungsverhältnis zwischen Pulver und Flüssigkeit. Schon damals sah sich MORGENSTERN veranlaßt, das Mischungsverhältnis gewichtsmäßig zu bestimmen. Er fand für Harvard-Zement ein Mischungsverhältnis von 500 : 100 (Pulver : Flüssigkeit, Gewichtsmengen). Anhand seiner Untersuchungen fand er heraus, daß die Farbzusätze besonders bei Harvard einen besonderen Einfluß auf das richtige Mischungsverhältnis ausüben. Die Eigenschaften der Phosphatzemente hängen eher entscheidend vom optimalen Mischungsverhältnis ab: Je nach dem Mischungsverhältnis von Pulver und Flüssigkeit erhält man, wie MORGENSTERN weiter zeigen konnte, Präparate von sehr ungleichem Wert. Mit der Zunahme des prozentualen Anteils an Pulver, d.h. mit festerer Konsistenz des angemischten Zementes, nimmt die Säurebeständigkeit des Zinkphosphatzementes (bis zu einem Grenzwert) zu.

1936 veröffentlichte ILG eine Arbeit über Porzellanfüllungen im Frontzahnbereich. Weil es sich bei diesen Objekten um äußerst grazile und feine Körper handelt, machte er den Vorschlag, das Zement in solcher Konsistenz anzumischen, daß auch ein leichter Druck auf die Por-

zellanarbeit genügt, um sie an die richtige Stelle zu bringen. Als Kompromiß für die zu dünn angemischte Zementmasse ließ er das Zement 15 bis 20 Minuten erhärten und überzog es außerdem mit einem Zahnlack, um es nicht sofort den Einflüssen des Speichels auszusetzen, die bei dieser Konsistenz sofortige negative Folgen haben können. Das Anmischen des Zementes in der sonst für prothetische Arbeiten notwendigen Konsistenz wäre zu fest gewesen und hätte beim Einsetzen der Arbeit einen zu starken Druck beansprucht.

Zwei Jahre später untersuchte VASSMER (1938) die Änderung der Eigenschaften des Phosphatzementes Ortophos in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis. Er stellte fest: Je mehr Flüssigkeit das Zement enthält, desto weicher ist es und desto größer ist der Durchmesser der Zementplatte, die durch die Last eines Gewichtes von 120 g auf den Zementbrei entsteht. Es sei vorteilhaft, sowohl Pulver als auch Flüssigkeit gewichtsmäßig zu bestimmen. VASSMER hatte zuerst die Flüssigkeit in g gemessen und dann eine entsprechende Pulvermenge zugegeben, um ein bestimmtes Mischungsverhältnis zu erreichen. Bei erhöhter Versuchstemperatur werden die Durchmesser der Zementplatte bedeutend kleiner. Man sollte also die Versuchstemperatur möglichst konstant halten.

VOLKMANN kritisierte 1954 die Standardkonsistenzbestimmung der Amerikaner. Er meinte, diese Methode könne

nicht als exakt genug angesehen werden, weil die Abbindezeit - besonders bei schnellhärtendem Material - einen starken Einfluß hat. Auch den von den Firmen angegebenen Anmischkonsistenzen stand er kritisch gegenüber, weil diese möglicherweise Höchstwerte bei der Materialprüfung ergeben, für prothetische Arbeiten aber in den meisten Fällen zu dick sind. Daher entschied er sich als Standard für ein Mischungsverhältnis, dessen Konsistenz es ihm erlaubte, einen Wurzelkanal mit einem Lentulo zu füllen und eine Stiftkrone einzusetzen. Nach diesen Untersuchungen mußte man, um diese Konsistenz eines angemischten Phosphatzementes zu erreichen, ca. 100 Gewichtsteile Pulver und 64 Gewichtsteile Flüssigkeit nehmen. Zur Standardisierung wurden 4,5 ccm Flüssigkeit gewogen und dazu die Pulvermenge im Verhältnis 64 : 100 bestimmt. Dann wurde vor jedem Versuch die Pulvermenge abgewogen und die Flüssigkeit mit einer Glasspritze hinzugegeben. Angemischt wurde auf einer Thermomischplatte, und es wurde darauf geachtet, daß keine Pulverteilchen oder Flüssigkeitströpfchen zurückblieben.

Die "F.D.I.-Spezifikation für Zinkphosphat-Zement Nr. 6 Absatz 4.3.2." über Konsistenzprüfung schreibt vor, daß abgewogene Mengen Pulver mit $0,50 \pm 0,02$ ml Flüssigkeit zu mischen sind. Darauf sind 0,50 ml einer jeden Mischung in einer genormten Glasröhre abzumessen, auf eine glatte Glasplatte zu entleeren und drei Minuten nach Beginn der Mischung mit einer weiteren Glasplatte, die zusammen mit

einem Gewicht eine Gesamtbelastung von 120 g erreicht, zu belasten. Diese Versuche zur Erreichung der Standardkonsistenz sind so lange durchzuführen, bis der durchschnittliche Durchmesser der zwischen den Glasplatten befindlichen Zementmasse zehn Minuten nach Mischungsbeginn 30 ± 1 mm beträgt. Das Gewicht des Pulvers, das bei drei wiederholten Bestimmungen durchschnittlich verwendet wird - auf die nächsten 0,05 g aufgerundet - , soll definitionsgemäß die Menge Pulver sein, die zum Herstellen einer Mischung mit 0,50 ml Flüssigkeit in Standardkonsistenz notwendig ist.

2. Dichtigkeit

In Zusammenhang mit seinen Untersuchungen auf Adhäsion und dichten Wandanschluß von Silikat- und Zinkoxyphosphatzementen wollte MORGENSTERN (1905) auch die Frage beantworten, ob die Zemente als solche undurchlässig für Flüssigkeiten und feine, feste Stoffe seien.

In Elfenbeinplatten, die mit gleich großen Vertiefungen versehen waren, wurden verschiedene Zemente eingefüllt. Diese Platten setzte man 14 Tage lang einer 0,5 %igen Methylenblaulösung aus. Mit Ausnahme der Füllungen waren alle Seiten und Kanten der Platten mit Ölfarbe und Firnis bestrichen. Nach Versuchsende zeigte sich durch Abschleifen der Oberflächen, daß der Farbstoff bis auf $1/2$ mm in jedes der Zemente mehr oder weniger breit eingedrungen war. Mit diesem Versuch konnte bewiesen werden, daß die untersuchten Zemente porös waren, weil sie Farbstoffe ein-

dringen ließen.

CSERNYEI (1929) machte bakteriologische Untersuchungen mit Fletscherzement, um festzustellen, ob eine Infektionsmöglichkeit der Pulpahöhle während der Wurzelbehandlung durch mangelnde Dichtigkeit des Provisoriums hervorgerufen werden kann. An extrahierten Zähnen stellte er Kavitäten her und stellte die Pulpakammer dar. In sie brachte er trockenes Säurefuchsinpulver, bedeckt mit Watte. Die Kavität wurde dann mit Fletscherzement verschlossen. Die Wurzelspitzen dichtete er mit japanischem Lack und mit Paraffin ab. Diese so entstandenen Untersuchungskörper wurden dann in destilliertes Wasser gegeben. Nach 1 bzw. 2 Tagen war das Wasser rot gefärbt. Proben mit Guttapercha ergaben ein ähnliches Resultat. Gegen Wasser waren diese Provisorien also kein hermetischer Verschuß.

In einer 2. Versuchsreihe mit sonst gleicher Versuchsanordnung wurde sterile Brühe in die Pulpakammer eingebracht. Nach provisorischem Verschuß wurde der Zahn in eine infizierte Bouillon gelegt. Die untersuchten Provisorien erwiesen sich als nicht bakteriendicht.

Angeregt durch die Arbeiten CSERNYEI's untersuchte MEISTER (1929) extrahierte Zähne auf Dichtigkeit. Er stellte fest, daß das Wasser, in dem sich jeder Zahn mit dem zu untersuchenden Verschußzement befand, in erster Linie durch die harten Zahngewebe in die ver-

schlossene Pulpakammer gelangt war und nicht durch den Verschlußzement. Um diese Fehlerquelle auszuschalten, benutzte er zu seinen weiteren Versuchen ausschließlich die Füllungsmaterialien selbst.

Mit Hilfe eines Apparates stellte er aus den einzelnen Füllungsmaterialien Näpfchen her, die an zwei Seidenfäden in je ein Reagenzglas gehängt wurden, und zwar so, daß ihr Boden in destilliertes Wasser eintauchte. Danach wurden sie mit 1%iger Methylenblaulösung gefüllt.

Beim Harvard-Zement verfärbte sich das Wasser innerhalb von 14 Tagen nicht, jedoch war die Methylenblaulösung in die Wandungen und in den Boden des Näpfchens ungefähr 1 mm tief eingedrungen. Nach MEISTER sind die untersuchten provisorischen wie auch die endgültigen Füllungsmaterialien, mit Ausnahme von Plerodont, als wasserdicht zu bezeichnen. Außerdem sind sie im Hinblick auf die Molekülgröße der angewandten Lösungen gewiss als für Bakterien undurchgängig anzusehen.

Zwei Jahre später beschäftigte sich RATTEL (1931) mit der Porosität von Phosphatzement. Auf den Boden eines Glaszylinders legte er Säurefuchsin, darüber Watte; der Rest wurde mit dem zu untersuchenden Material gefüllt. Anschließend kamen die Glasröhrchen in ein Reagenzglas mit destilliertem Wasser. Nach 31 Tagen bei 37° C zeigte sich, daß das sahnig angerührte Zement eine geringe Dichtigkeit hatte. Nach Zerteilung der Proben ergab sich, daß das "fadenziehend" angemischte Zement ganz von Farbe

durchdrungen war, während bei den fester angerührten Zementen die Mitte noch frei von Verfärbungen war.

Eine andere Versuchsanordnung wandte ALTE (1940) bei ihren Dichtigkeitsuntersuchungen provisorischer Verschlussamente an. In Glasröhrchen wurde von der einen Seite das Zement eingefüllt, so daß es einem Pfropfen gleich das Röhrchen an einem Ende verschloß. Sofort nach dem Einfüllen stellte man das Röhrchen in ein mit Wasser gefülltes Becherglas. Vom offenen Ende des Röhrchens aus wurde eine 2%ige Methylenblaulösung eingefüllt. Nach 2, 4 und 8 Tagen zerteilte man die Proben in noch feuchtem Zustand, um die Farbeindringtiefe festzustellen. Es zeigten sich verschieden eingefärbte Zonen. Einer tiefdunkelblauen Zone folgte eine schwach hellblaue Zone, und bei einigen Zementen war noch eine dritte Zone mit allerdings nur sehr schwachem bläulichen Schimmer festzustellen.

Im Jahre 1949 veröffentlichte KNAPPWOST eine Arbeit über die Arsendurchlässigkeit verschiedener provisorischer Verschlussmittel. Bei seinen Untersuchungen hatte er ein Glasrohr an einem Ende mit dem zu prüfenden Verschlussmittel gefüllt. Darüber war eine wässrige Lösung mit As_2O_3 geschichtet worden und auf diese eine Drucksäule aus Petroleum. Das Glasrohr stand einen Tag bei 37° in einem Reagenzglas, welches mit destilliertem Wasser gefüllt war. Mittels einer elektrolytischen Mikromethode wurde dann der Arsengehalt in der Auffanglösung

gemessen. Dieser Arsengehalt stellte ein Maß für die Durchgängigkeit bzw. Dichtigkeit des Verschlußzementes dar.

VOLKMANN (1954) stellte vergleichende Untersuchungen mit Phosphatzementen an. Er stellte zylinderförmige Probekörper aus den entsprechenden Zementen her und legte sie nach Abbindung in eine 37°C warme Farblösung aus Eosin. Nach 24 Std. wurden die Probekörper durchsägt, um die Farbeindringtiefe festzustellen. Anhand seiner Untersuchungen hat VOLKMANN festgestellt, daß aller Wahrscheinlichkeit nach eine Beziehung zwischen Korngröße, Homogenität und Dichte besteht. Feineres Korn bedeutet gleichmäßigere und damit dichtere Beschaffenheit des Endproduktes, während gröberes Korn eine größere Inhomogenität mit sich bringt, die sich in Form einer entsprechenden Porosität äußert. Liegt die Kornbeschaffenheit größenordnungsmäßig höher, so wird der nicht chemisch gebundene Pulveranteil größer sein und eine entsprechende Inhomogenität und Porosität des Endproduktes nach sich ziehen.

Bei Prüfungen einiger provisorischer Füllungsmaterialien auf Dichtigkeit bediente sich RUISINGER (1965) folgender Versuchsanordnung: Er stellte mit Hilfe von Glasröhrchen und einem Metallstab Phantom-Kavitäten definierter Tiefe her, die mit Untersuchungsmaterial gefüllt wurden. Nach Abbindung entfernte er den Metallstab. Die Glasröhrchen

füllte er vom offenen Ende her mit Methylenblaulösung. Anschließend tauchte er diese Glasröhrchen mit den Proben in destilliertes Wasser. Nach bestimmten Zeiten wurden die Proben zerteilt, um die Farbeindringtiefe mikroskopisch festzustellen. Die Eindringtiefe war damit ein Maß für die Dichtigkeit der untersuchten Körper.

CRAMER (1966) stellte mit Hilfe einer zerlegbaren Hohlform Zementkörper her, welche 3 Min. nach Beginn des Anmischens in einen Thermostaten bei 37°C und 100 % Luftfeuchtigkeit gelegt wurden, und zwar 57 Minuten lang. Anschließend setzte er die Prüfkörper sofort einer Farblösung von Methylenblau bzw. Säurefuchsin aus. Nach einer bestimmten Zeit wurden die Proben herausgenommen, gespalten, und die Farbeindringtiefe wurde gemessen. Dabei zeigte sich, daß die Methylenblaulösung bei "Harvard Cement, schnellhärtend" in vergleichbaren Zeiten bedeutend tiefer eingedrungen war, als bei den Proben "Harvard Cement, normalhärtend".

2. Wasseraufnahme und Löslichkeit

In Zusammenhang mit seinen vergleichenden Untersuchungen über Dichtigkeit von provisorischen Füllmaterialien beschäftigte sich RUISINGER (1965) auch mit der Frage der Wasseraufnahme und Löslichkeit dieser Stoffe. Er brachte das angemischte Material in einen Glasring ein. Nach dem Abbinden wurde der Prüfling im ganzen daraus entfernt, für 24 Std. in einen Brutschrank gegeben, um danach in Wasser bei 37°C gelegt zu werden. Nach bestimmten Zeiten wurde als Differenz zwischen dem Anfangsgewicht und dem Endgewicht die Wasseraufnahme festgestellt. Für die Löslichkeitsuntersuchungen ließ er die Probekörper 6 Tage in Wasser lagern, um sie dann einer Austrocknungszeit von 10 Tagen auszusetzen. Aus der Gewichts-differenz zum Ausgangsgewicht wurde dann die Löslichkeit errechnet.

Nach der F.D.I. Spezifikation Nr. 6 werden für die Löslichkeitsuntersuchungen 0,5 ml des Zementes in Standardkonsistenz in eine Muffel von bestimmter Größe gefüllt. In den noch weichen Zement wird ein Stück Draht zwecks späterer Befestigungsmöglichkeit eingeführt. 3 Minuten nach Mischungsbeginn kommt der Prüfkörper in einen Raum mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100 % bei 37°C , wo er 57 Minuten verbleibt. Darauf werden zwei Prüfkörper in eine tarierte Prüfflasche eingehängt und gewogen. Anschließend sind in die Prüfflasche 50 ml destilliertes Wasser einzu-

füllen. Die Prüfkörper verbleiben für 23 Std. bei 37°C in dieser Lage. Danach werden die Prüfkörper aus dem Wasser genommen, das Wasser aus der Prüfflasche bei 100°C verdampft. Die Prüfflasche ist dann bei 150°C bis zur Gewichtskonstanz zu trocknen, danach Abkühlung in einem Exsikkator und Gewichtsbestimmung. Die Differenz zwischen dem endgültigen Gewicht der Prüfflasche und ihrem anfänglichen Gewicht entspricht dem Gewicht der gelösten Substanz.

III. MATERIAL UND METHODEN

A. MATERIAL

Bei den hier vergleichend untersuchten Materialien handelt es sich um zwei schon seit Jahrzehnten in der Zahnheilkunde bekannten Phosphatzementen und um einen erst seit kurzem auf dem Markt befindlichen neuen Dentalzement.

1. ZINKOXYPHOSPHATZEMENTE

- a) Harvard Cement, normalhärtend *)
- b) Harvard Cement, schnellhärtend *)

Diese beiden Präparate sind Phosphatzemente, deren genaue Zusammensetzung Fabrikgeheimnis ist. Nach WANNENMACHER (1963) besteht das Pulver der Zinkoxyphosphatzemente zu 75 - 98 % aus geglühtem Zinkoxyd und zu 7 - 15 % aus Magnesiumoxyd. Weiter sind Beimengungen von Siliziumoxyd und Aluminiumoxyd enthalten. Die Färbung des Pulvers wird durch Metalloxyde, Braunstein oder auch Ocker verursacht.

*) Bei den beiden Zinkoxyphosphatzementen handelt es sich um warenzeichenrechtlich geschützte Erzeugnisse der Firma Richter & Hoffmann, Harvard-Dental-Gesellschaft, Berlin

Die Flüssigkeit besteht in der Hauptsache aus Orthophosphorsäure mit Zusätzen geringer Mengen von Aluminium und bei manchen Präparaten auch mit Zusätzen von Zinkoxyd.

Die Abbindevorgänge zwischen Pulver und Flüssigkeit sind noch nicht vollständig geklärt; nach WALKHOFF-HESS (1960) scheint die Bildung von kristallinem Phosphat vorzuherrschen und die Abbindung der Säure nach kurzer Zeit zu erfolgen.

HALLA und KUTZLNIGG (1942) haben röntgenographisch die Existenz des tertiären Zinkphosphates nachgewiesen. Es handelt sich im abgebundenen Phosphatzement um schwerlösliche Phosphate.

2. CARBOXYLAT-ZEMENT (Durelon) **)

Dieses Zement ist ein Präparat, das auf Carboxylat-Basis aufgebaut ist. Die Polycarboxylatzemente wurden erstmals von SMITH (1968) in die Zahnheilkunde eingeführt. Die Flüssigkeit besteht aus Polyacrylsäure, während das Pulver aus Zinkoxyd besteht, das dem bei den herkömmlichen Zementen gebrauchten Pulver entspricht. Ihm können Oxyde und Salze hinzugefügt werden, um die physikalischen Eigenschaften der Zemente zu variieren.

**) Durelon ist ein warenzeichenrechtlich geschütztes Erzeugnis der Firma Espe GmbH., Seefeld/Oberbayern

Um eine Irreführung durch die Bezeichnungen "Carboxylatzement", "Polycarboxylatzement" oder "Acrylatzement" zu vermeiden, schlug DEMMEL (1970) vor, man sollte analog zum Phosphatzement vom Polyacrylatzement oder Polyacrylsäurezement sprechen.

Die Abbindung erfolgt durch Chelation. SMITH (1968) sieht in der Polyacrylsäure ein Chelationsmittel, das sich sowohl mit den Calcium-Ionen in den Hydroxylapatiten als auch mit dem Zinkoxyd des Pulvers verbindet.

Die Polyacrylsäure bildet ebenfalls Komplexe mit Proteinen und verbindet sich mit bestimmten anderen Metallen.

MORTIMER (1969) sieht mit diesen Bindungsmöglichkeiten der Polyacrylsäure das eigentliche Problem nur zur Hälfte gelöst, weil diese neuen Zemente lediglich die Fähigkeit haben, sich mit dem Schmelz und Dentin zu verbinden, nicht aber mit dem Füllungsmaterial (gemeint ist Gold).

GRIEVE (1969) fand keinen signifikanten Unterschied in der Haftfähigkeit zwischen Polycarboxylatzement und Zinkphosphatzement. Diese unterschiedlichen Ergebnisse sind dadurch zu erklären, daß SMITH für seine Untersuchungen auf Haftfähigkeit rostfreien Stahl benutzte, mit dem sich Polyacrylsäure verbinden kann, GRIEVE jedoch Gold, mit dem die Polyacrylsäure keine chemische Verbindung eingeht, so daß nur eine mechanische Bindung wie bei den herkömmlichen Zementen eintritt.

B. METHODEN

Wir haben versucht, die drei zur Untersuchung kommenden Materialien unter gleichbleibenden Bedingungen zu prüfen und die äußeren Einflüsse bei den entsprechenden Versuchsanordnungen soweit wie möglich konstant zu halten.

1. HERSTELLUNG DER UNTERSUCHUNGSKÖRPER

Pulver wie Flüssigkeit der drei anzumischenden Unterfüllungs-Materialien wurden gewichtsmäßig bestimmt. Nach der "F.D.I.-Spezifikation für Zinkphosphatzemente Nr. 6" ist bei der Herstellung von Prüfkörpern zwar die Pulvermenge gewichtsmäßig zu bestimmen, die Flüssigkeitsmenge aber volumenmäßig.

Unsere Vorversuche ergaben, daß bei volumenmäßiger Bestimmung der Flüssigkeitsmengen zu große Fehlerquellen auftraten. Anfangs suchten wir die Ursache in eventuellen wechselhaften Eigenschaften des Pulvers. Wir standardisierten das Pulver, indem wir nur Pulver derselben Fabrikationsserie nahmen. Auch hiernach ergaben sich bei den Untersuchungen zu große Unterschiede, so daß wir die Flüssigkeitsmenge nunmehr für die einzelnen Untersuchungen gewichtsmäßig feststellten.

Wir verwendeten stets gleiche Flüssigkeitsmengen. Deshalb stellten wir für alle drei Unterfüllungs-Materialien das Gewicht einer Flüssigkeitsmenge von 0,5 ml aus einer be-

stimmten Fabrikationsserie mit Hilfe von Pyknometern fest. In allen darauffolgenden Untersuchungen nahmen wir nur Flüssigkeiten dieser Fabrikationsserien.

Es wurde folgende Mischungsmethode angewendet: Bei einer Zimmertemperatur von $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 55 und 75 % wurden die entsprechenden Pulvermengen auf der glatten Seite einer Glasplatte von der Größe 15 x 7,5 cm aufgebracht und mit einem trockenen, sauberen Metallspatel in 4 gleich große Teile aufgeteilt. Ein Viertel wurde wiederum in zwei Achtel geteilt. Von diesen wurde wiederum ein Achtel in zwei gleich große Teile von je einem Sechzehntel der Gesamtpulvermenge aufgeteilt. In bestimmten Zeitabständen wurden nun die einzelnen Pulvermengen, bei einem Sechzehntel der Gesamtmenge beginnend, in die Flüssigkeit gemischt:

1/16 der gesamten Pulvermenge 10 Sekunden einmischen

1/16	"	"	"	10	"	"
1/8	"	"	"	10	"	"
1/4	"	"	"	15	"	"
1/4	"	"	"	15	"	"
1/4	"	"	"	30	"	"

Es ergab sich also eine Gesamtanmischzeit von 90 Sekunden.

Zu achten war darauf, daß beim Anmischen die Hälfte der Oberfläche der Glasplatte verwendet wurde. Der Spatel sollte in linearer Richtung geführt werden. Am Ende des

B. METHODEN

Wir haben versucht, die drei zur Untersuchung kommenden Materialien unter gleichbleibenden Bedingungen zu prüfen und die äußeren Einflüsse bei den entsprechenden Versuchsanordnungen soweit wie möglich konstant zu halten.

1. HERSTELLUNG DER UNTERSUCHUNGSKÖRPER

Pulver wie Flüssigkeit der drei anzumischenden Unterfüllungs-Materialien wurden gewichtsmäßig bestimmt. Nach der "F.D.I.-Spezifikation für Zinkphosphatzemente Nr. 6" ist bei der Herstellung von Prüfkörpern zwar die Pulvermenge gewichtsmäßig zu bestimmen, die Flüssigkeitsmenge aber volumenmäßig.

Unsere Vorversuche ergaben, daß bei volumenmäßiger Bestimmung der Flüssigkeitsmengen zu große Fehlerquellen auftraten. Anfangs suchten wir die Ursache in eventuellen wechselhaften Eigenschaften des Pulvers. Wir standardisierten das Pulver, indem wir nur Pulver derselben Fabrikationsserie nahmen. Auch hiernach ergaben sich bei den Untersuchungen zu große Unterschiede, so daß wir die Flüssigkeitsmenge nunmehr für die einzelnen Untersuchungen gewichtsmäßig feststellten.

Wir verwendeten stets gleiche Flüssigkeitsmengen. Deshalb stellten wir für alle drei Unterfüllungs-Materialien das Gewicht einer Flüssigkeitsmenge von 0,5 ml aus einer be-

stimmten Fabrikationsserie mit Hilfe von Pyknometern fest. In allen darauffolgenden Untersuchungen nahmen wir nur Flüssigkeiten dieser Fabrikationsserien.

Es wurde folgende Mischungsmethode angewendet: Bei einer Zimmertemperatur von $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 55 und 75 % wurden die entsprechenden Pulvermengen auf der glatten Seite einer Glasplatte von der Größe 15 x 7,5 cm aufgebracht und mit einem trockenen, sauberen Metallspatel in 4 gleich große Teile aufgeteilt. Ein Viertel wurde wiederum in zwei Achtel geteilt. Von diesen wurde wiederum ein Achtel in zwei gleich große Teile von je einem Sechzehntel der Gesamtpulvermenge aufgeteilt. In bestimmten Zeitabständen wurden nun die einzelnen Pulvermengen, bei einem Sechzehntel der Gesamtmenge beginnend, in die Flüssigkeit gemischt:

1/16 der gesamten Pulvermenge 10 Sekunden einmischen

1/16	"	"	"	10	"	"
------	---	---	---	----	---	---

1/8	"	"	"	10	"	"
-----	---	---	---	----	---	---

1/4	"	"	"	15	"	"
-----	---	---	---	----	---	---

1/4	"	"	"	15	"	"
-----	---	---	---	----	---	---

1/4	"	"	"	30	"	"
-----	---	---	---	----	---	---

Es ergab sich also eine Gesamtanmischzeit von 90 Sekunden.

Zu achten war darauf, daß beim Anmischen die Hälfte der Oberfläche der Glasplatte verwendet wurde. Der Spatel sollte in linearer Richtung geführt werden. Am Ende des

Mischens durfte weder unvermishtes Pulver noch Flüssigkeit vorhanden sein.

Nach der beschriebenen Anmischzeit wurde die Phantomkavität für die Untersuchungen auf Dichtigkeit sofort mit dem jeweiligen Material gefüllt. Gleiches gilt für die Glasröhre, die wir bei den Konsistenzuntersuchungen zur Bestimmung eines einheitlichen Volumens verwendeten. Ebenso wurden die Prüfkörper für die Untersuchungen auf Flüssigkeitsverlust und Löslichkeit unmittelbar nach Abschluß des Anmischens hergestellt.

2. UNTERSUCHUNG DER KONSISTENZ

a) Prüfkörper

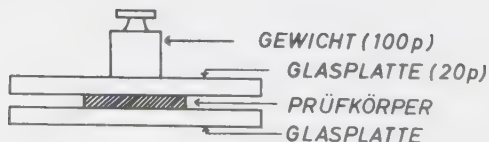
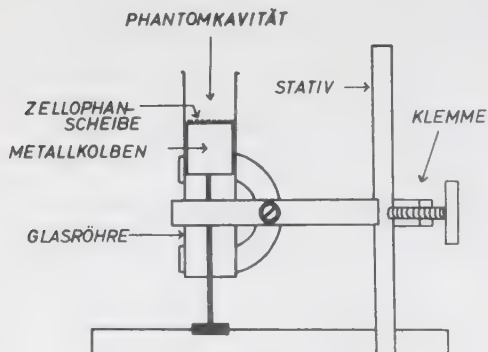
Für die Konsistenzprüfung nahmen wir Glasröhrchen mit einer Länge von 60 mm und einem lichten Durchmesser von 9,2 mm.

Ein Metallkolben, der die Glasröhre randständig ausfüllt, wurde bis auf 7,5 mm an das äußere Ende der Röhre gebracht. Der Boden der dadurch entstandenen Phantomkavität wurde zum Kolben hin mit einer Zellophan-scheibe isoliert. Röhre und Metallkolben wurden mittels Stativ und Klemme in dieser Situation fixiert und das angemischte Untersuchungsmaterial in die Kavität eingebracht, eine Menge von 0,5 ml abgemessen, und darauf mit Hilfe des Metallkolbens aus der Glasröhre für die Untersuchungen ausgestoßen.

b) Versuchsanordnung

Zur Bestimmung der Konsistenz der Untersuchungsmaterialien wurden abgewogene Mengen Pulver mit abgewogenen Mengen Flüssigkeit, die einem Volumen von 0,50 ml $\pm$ 0,02 ml entsprachen, gemischt. 0,5 ml einer jeden Mischung wurde in die Glasröhre gefüllt und danach auf die glatte Seite einer Glasplatte entleert. 3 Minuten nach Beginn des Mischens wurde eine weitere Glasplatte, die zusammen mit einem zusätzlichen Gewicht 120 p wog, langsam und vorsichtig auf den Zement niedergelassen. Hierbei war darauf zu achten, daß der Zementbrei von der Mitte her belastet wur-

de. 10 Minuten nach Mischungsbeginn entfernten wir die Glasplatten und maßen den kleinsten und größten Durchmesser der so entstandenen Scheibe.



c) Ausführung der Versuche.

Die Untersuchungen beziehen sich hauptsächlich auf die Konsistenz der verschiedenen Mischungsverhältnisse. Während wir die Flüssigkeitsmenge stets konstant hielten, wurde die Pulvermenge um $1/10$ g variiert. Von jedem Mischungsverhältnis stellten wir 5 Proben nach der oben angegebenen Anmischtechnik her. Wir begrenzten unsere Untersuchungen nach zwei Gesichtspunkten:

1. Wie lange findet noch eine Veränderung des Zementbreies bei zunehmend festerer Konsistenz durch Belastung statt?
2. Erreichen die zur Untersuchung kommenden Mischungsverhältnisse einen größeren Durchmesser als 30,0 mm, so beenden wir bei dieser Konsistenz die Prüfungen.

Aus dem kleineren und größeren Durchmesser der Zementscheibe wurde der mittlere Durchmesser errechnet.

Dann wurde aus den 5 Proben eines Mischungsverhältnisses das arithmetische Mittel errechnet.

3. UNTERSUCHUNG AUF DICHTIGKEIT

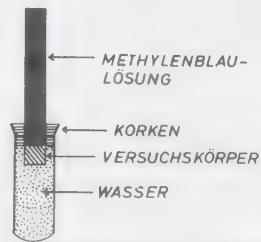
a) Prüfkörper

Für die Dichtigkeitsuntersuchungen wurden die gleichen Glasröhrchen genommen wie für die Konsistenzprüfungen. Das Untersuchungsmaterial wurde in den Glasröhrchen belassen. Nach Abbindung wurde der Kolben entfernt, ebenso die zur Isolierung benötigte Zellophanscheibe. Mit diesen so hergestellten Proben wurden dann die Untersuchungen durchgeführt.

b) Versuchsanordnung

Nach Herstellung der Proben wurden die Glasröhren 6 Stunden in eine feuchte Kammer mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100 % gegeben. Die Temperatur betrug konstant 37°C. Daraufhin wurden die Proben einer Methylenblaulösung (1g/1000 ccm) ausge-

setzt. Mit einem durchbohrten Korken setzten wir die Glasröhren auf ein mit destilliertem Wasser gefüllten Reagenzglas auf, und zwar so, daß der obere Rand der Zementprobe mit dem unteren



Rand des Korkens abschloß. Die Gesamtlänge der Glasröhren betrug 60 mm. Die Höhe der Proben 7,5 mm, so daß die Proben einem Überdruck von 52,5 mm Wassersäule ausgesetzt waren.

Die Einwirkungsdauer der Methylenblaulösung auf die

Proben betrug zwischen 1 und 16 Tagen. Danach wurden die Proben aus der Glasröhre entfernt und in einen Trockenschrank von 37°C drei Tage getrocknet.

Um eine Verfälschung der Messwerte auszuschalten, die durch Verschmierung des Methylenblaus bei der Zerteilung der Proben entstehen könnte, wurden die Versuchskörper vom unteren Ende her, d.h. von der Seite, die nicht der Methylenblaulösung ausgesetzt war, angesägt und gebrochen. Wir benutzten für die Messung der Farbeindringtiefe ein Mikroskop mit Skaleneinteilung.

Bei der Messung wurde die maximale Farbeindringtiefe an fünf Punkten der zerteilten Proben festgestellt. Von diesen Ergebnissen nahmen wir den Mittelwert. Da an den Kanten der Proben die Methylenblaulösung sowohl von oben als auch von der Seite eindringen konnte, wurden diese Bereiche bei der Messung nicht in Betracht gezogen. Eine genaue Messung war hier nicht möglich.

c) Ausführung der Versuche

Da wir unsere Untersuchungen hauptsächlich auf die Wirkung von Methylenblaulösung auf die unterschiedlichen Mischungsverhältnisse ausgerichtet hatten, wurden von jedem Untersuchungsmaterial fünf Mischungsverhältnisse und von jedem Mischungsverhältnis drei Proben hergestellt. Diese Proben wurden dann der Methylenblaulösung 1, 2, 4, 8 und 16 Tage ausgesetzt. Wir hatten stets die Flüssigkeitsmenge konstant gehalten und die Pulvermenge variiert. Für jedes einzelne Material wurden dann Tabellen mit den fünf Mischungsverhältnissen angelegt.

4a. UNTERSUCHUNG AUF WASSERAUFNAHME UND LÖSLICHKEIT

a) Prüfkörper

Um diese Untersuchungen auszuführen, brachten wir die angemischten Zementmassen in Glasringe ein, die einen Durchmesser von 6,7 mm und eine Höhe von 6 mm hatten. Bis zur Abbindung fixierten wir das Untersuchungsmaterial zwischen zwei Objektträgern.

b) Versuchsanordnung

Wie oben schon beschrieben, wurden die Proben hergestellt und 1/2 Std. nach Anmischbeginn gewogen. Aus der Differenz zwischen Gesamtgewicht und Gewicht des vorher gewogenen Glasrings ließ sich das Gewicht der eigentlichen Zementprobe bestimmen. Daraufhin wurden die Proben in destilliertes Wasser gegeben und nach 3, 6, 9 Tagen gewogen. Die Temperatur des Wassers betrug konstant 37°C. Nach 9 Tagen wurden die Proben aus dem Wasser genommen, in einen Trockenschrank mit einer Temperatur von 37°C gegeben und nach 1, 2, 4 Tagen gewogen. Vor der Wägung der Proben, die im destillierten Wasser lagen, haben wir die Oberflächen 1 sec. mittels eines Fließpapiers getrocknet. Die Wägung geschah mit Hilfe einer Analysenwaage.

c) Durchführung der Versuche

Wie bei allen anderen Versuchsreihen wollten wir auch

hier die Wasseraufnahme und den anschliessenden Flüssigkeitsverlust in Abhängigkeit von den verschiedenen Mischungsverhältnissen untersuchen.

Wir hielten bei diesen Untersuchungen die Flüssigkeitsmenge konstant auf 0,5 ml. Entsprechend dem spez. Gewicht der Flüssigkeit ergaben sich natürlich Unterschiede im Gewicht. Die Pulvermenge wurde variiert. Wir begannen unsere Untersuchungen mit 1700 mg Pulver, verringerten dieses um je 200 mg, und beendeten die Versuche bei 900 mg Pulver. Pro Material nahmen wir 5 Mischungsverhältnisse und pro Mischungsverhältnis 5 Proben.

4b. UNTERSUCHUNG ÜBER FLÜSSIGKEITSVERLUST UND ANSCHLIESSENDE WASSERAUFNAHME

a) Prüfkörper

Auch bei diesen Untersuchungen haben wir die angemischten Zementmassen in Glasringe mit einem Durchmesser von 6,7 mm und einer Höhe von 6 mm eingebracht und das Untersuchungsmaterial bis zur Abbindung zwischen zwei Objektträgern fixiert. Diese Untersuchungsreihe ist nämlich als Kontrolle bzw. Vervollständigung der "Untersuchung auf Wasseraufnahme und Löslichkeit" gedacht.

b) Versuchsanordnung

Die Proben wurden nach der oben angegebenen Art hergestellt und 1/2 Stunde nach Anmischbeginn gewogen. Daraufhin wurden die Proben in einen Trockenschrank von 37°C gegeben und nach 1, 2, 4 Tagen gewogen. Am 4. Tage wurden die Proben in destilliertes Wasser gegeben und wiederum nach 3, 6, 9 Tagen gewogen, um die erfolgende Wasseraufnahme bei 37°C zu messen. Vor der Wägung wurden die Proben von beiden Seiten 1 sec. oberflächlich mittels eines Fließpapiers getrocknet.

c) Durchführung der Versuche

Von jedem Mischungsverhältnis hatten wir 5 Proben hergestellt. Jedes einzelne Untersuchungsmaterial wurde wiederum bei 5 verschiedenen Mischungsverhältnissen ge-

prüft. Die Ergebnisse nahmen wir daraufhin in Tabellen auf. In diesen Tabellen führten wir die Werte gewichtsmäßig auf, indem wir vorher aus den 5 Einzelwerten das arithmetische Mittel herstellten. In den graphischen Darstellungen wurden dann die drei Untersuchungsmaterialien mit ihren Mischungsverhältnissen einander gegenüber gestellt und verglichen.

IV. ERGEBNISSE

1. KONSISTENZVERGLEICH

Die Konsistenzprüfungen aller Untersuchungsmaterialien zeigen, daß ein konsequenter Zusammenhang zwischen Scheibendurchmesser der Prüfkörper und Mischungsverhältnis der Zemente besteht.

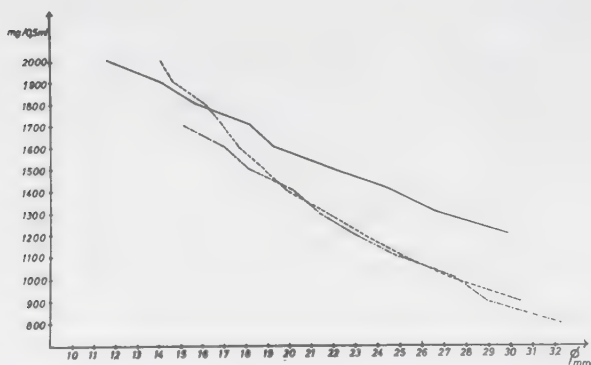


Abb. 1 Scheibendurchmesser der Prüfkörper von Harvard Cement, normalhärtend (---). Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (-.-) bei wechselndem Mischungsverhältnis und gleichbleibender Belastung der Proben (120 p)

Mit größerem Pulveranteil bei gleichbleibender Flüssigkeitsmenge ist bei allen Materialien eine festere Konsistenz zu verzeichnen. In der graphischen Darstellung (Abb. 1) sind alle Werte der Konsistenzprüfungen zusammengefaßt.

Der Kurvenverlauf von "Harvard Cement, normalhärtend" und "Durelon" ist sehr ähnlich. In einigen Bereichen über-

schneiden sich die Kurven dieser beiden Zemente.

Der Versuchsbereich ist bei "Harvard Cement, normalhärtend" wie auch bei "Harvard Cement, schnellhärtend" weiter in den Bereich der festeren Konsistenz vorge-schoben als bei "Durelon".

Bei den "Harvard Cementen" konnten noch Mischungsverhält-nisse mit weit größerem Pulveranteil bei gleichbleiben-der Flüssigkeitsmenge hergestellt werden als beim "Dure-lon". Die durchschnittlichen Scheibendurchmesser der Prüfkörper von "Harvard Cement, schnellhärtend" wurden bei gleichbleibender Flüssigkeitsmenge mit einem größe-ren Pulveranteil erreicht, als durchschnittlich bei "Har-ward Cement, normalhärtend" und "Durelon", d.h. um einen Prüfkörper von einem bestimmten Durchmesser mit unserer Versuchsanordnung zu erreichen, müssen wir bei "Harvard Cement, schnellhärtend" mehr Pulver nehmen, als bei den beiden anderen Zementen.

Die graphische Darstellung Abb. 1 wurde aus den Werten der Tabellen 1a, 1b und 1c (siehe Anhang) hergestellt.

2. DICHTIGKEITSVERGLEICH

In unseren Versuchen über die Dichtigkeit der drei Materialien gab es große Unterschiede in den Ergebnissen. Sowohl aus den Tabellen 2a und 2b (siehe Anhang), d.h. bei "Harvard Cement, normalhärtend" und "Harvard Cement, schnellhärtend", als auch aus den graphischen Darstellungen (Abb. 2 - 6) ist zu erkennen, daß einerseits eine direkte Beziehung zwischen Eindringtiefe und Zeit und andererseits zwischen Eindringtiefe und Mischungsverhältnis besteht.

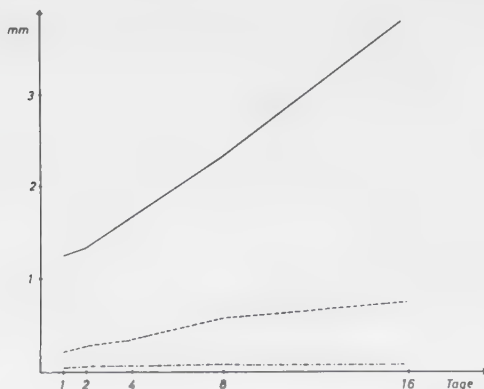


Abb.2 Eindringtiefe einer 0,1 %igen Methylenblaulösung in Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (-.-) bei einem Mischungsverhältnis von 0,9 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit.

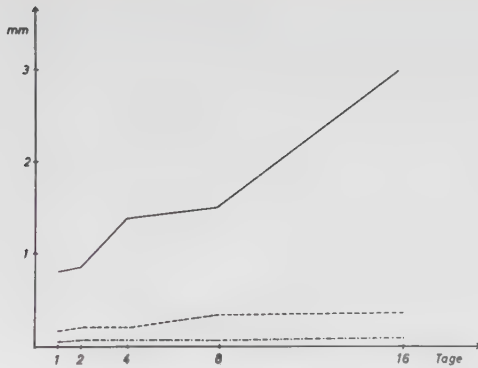


Abb.3 Eindringtiefe einer 0,1 %igen Methylenblaulösung in Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (-.-) bei einem Mischungsverhältnis von 1,1 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit.

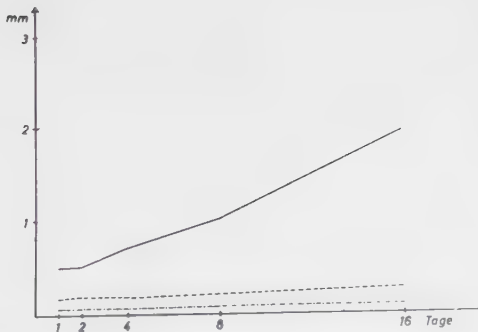


Abb.4 Eindringtiefe einer 0,1 %igen Methylenblaulösung in Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (-.-) bei einem Mischungsverhältnis von 1,3 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit.

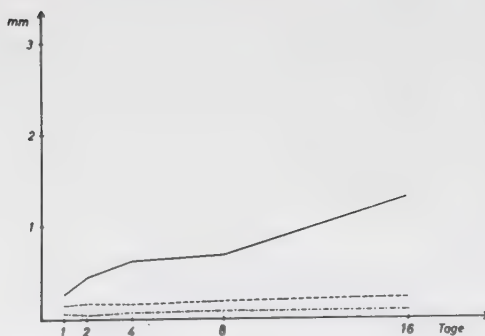


Abb.5 Eindringtiefe einer 0,1 %igen Methylenblaulösung in Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (-.-) bei einem Mischungsverhältnis von 1,5 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit.

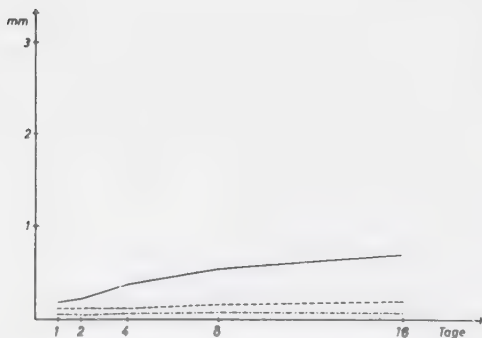


Abb.6 Eindringtiefe einer 0,1 %igen Methylenblaulösung in Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (-.-) bei einem Mischungsverhältnis von 1,7 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit.

Je länger die Methylenblaulösung auf die Proben einwirkt, desto tiefer dringt sie ein. Je mehr Pulver wir zu einer konstanten Flüssigkeitsmenge geben, desto geringer wird die Farbeindringtiefe. Ein anderes Ergebnis liefert uns die graphische Darstellung der Farbeindringtiefe beim "Durelon" (Abb. 2 - 6). Da die Unterschiede der Eindringtiefen sehr gering sind (sie betragen zwischen dem niedrigsten und höchsten Wert, der in allen Versuchsreihen gefunden wurde, 0,047 mm), kann man sagen, daß sich beim "Durelon" keine Abhängigkeit der Eindringtiefe von Mischungsverhältnis und Zeit feststellen läßt. Wie auch die Tab.2c (siehe Anhang) zeigt, ist die Eindringtiefe praktisch überall gleich gering.

Es besteht eine sehr große Differenz der Farbeindringtiefe zwischen "Harvard Cement, normalhärtend" und "Harvard Cement, schnellhärtend". Das letztere zeigt bei allen Mischungsverhältnissen eine bedeutend grössere Farbeindringtiefe als "Harvard Cement, normalhärtend".

3. VERGLEICH DER WASSERAUFNAHME UND LÖSLICHKEIT

Die graphischen Darstellungen über die Wasseraufnahme (Abb. 7 - 11) sagen aus, daß alle Materialien in den 9 Tagen, in denen sie in Wasser lagerten, Wasser aufgenommen haben. Wie die Tabellen 3a, 3b und 3c (siehe Anhang) zeigen, ist die Differenz zwischen den einzelnen Werten ziemlich gering.

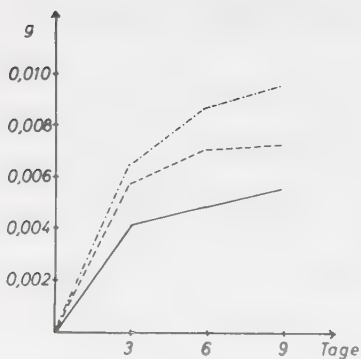


Abb. 7 Wasseraufnahme der Prüfkörper von Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (---) bei einem Mischungsverhältnis von 1,7 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit

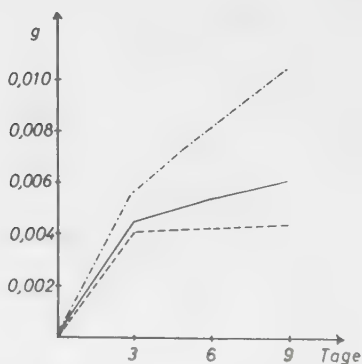


Abb. 8 Wasseraufnahme der Prüfkörper von Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (---) bei einem Mischungsverhältnis von 1,5 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit

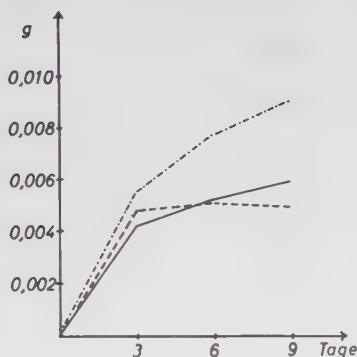


Abb.9 Wasseraufnahme der Prüfkörper von Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (--) bei einem Mischungsverhältnis von 1,3 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit.

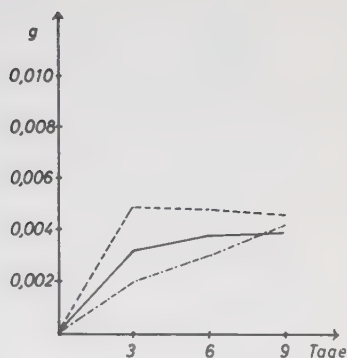


Abb.10 Wasseraufnahme der Prüfkörper von Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (--) bei einem Mischungsverhältnis von 1,1 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit.

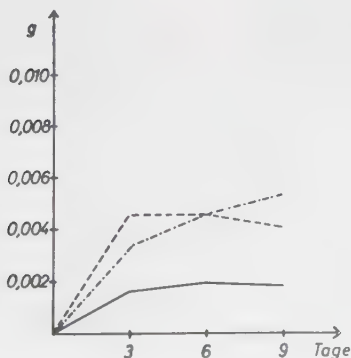


Abb.11 Wasseraufnahme der Prüfkörper von Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (--) bei einem Mischungsverhältnis von 0,9 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit.

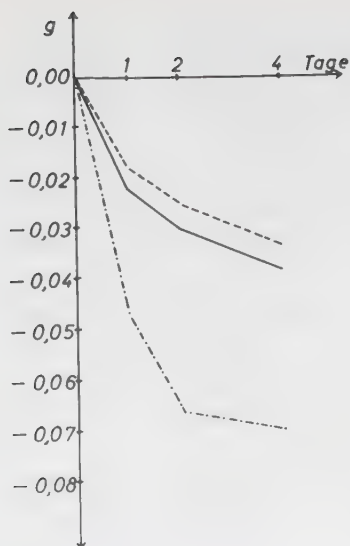


Abb. 12 Löslichkeit der Prüfkörper von Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (-.-) bei einem Mischungsverhältnis von 1,7 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit

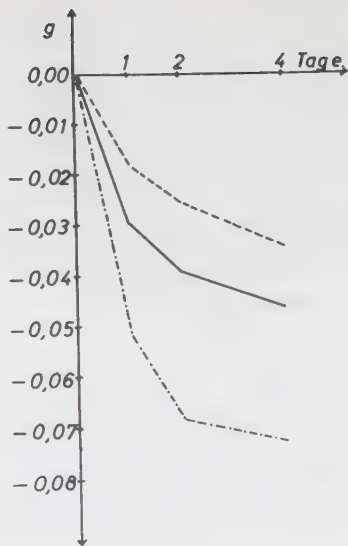


Abb. 13 Löslichkeit der Prüfkörper von Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (-.-) bei einem Mischungsverhältnis von 1,5 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit

Die Kurven über die Löslichkeit (Abb. 12 - 16) sagen aus, daß der größte Gewichtsverlust beim "Durelon" auftritt. Darauf folgt bei allen Mischungsverhältnissen "Harvard Cement, schnellhärtend". Am wenigsten verliert "Harvard Cement, normalhärtend" an Gewicht in den 4 Tagen der Trocknungsperiode.

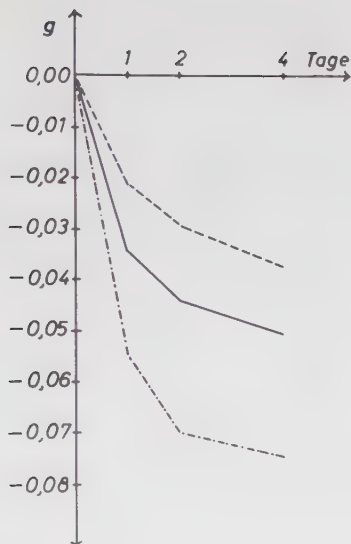


Abb.14 Löslichkeit der Prüfkörper von Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (-.-) bei einem Mischungsverhältnis von 1,3 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit

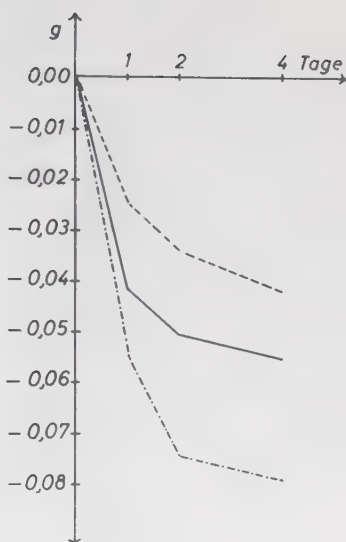


Abb.15 Löslichkeit der Prüfkörper von Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (-.-) bei einem Mischungsverhältnis von 1,1 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit

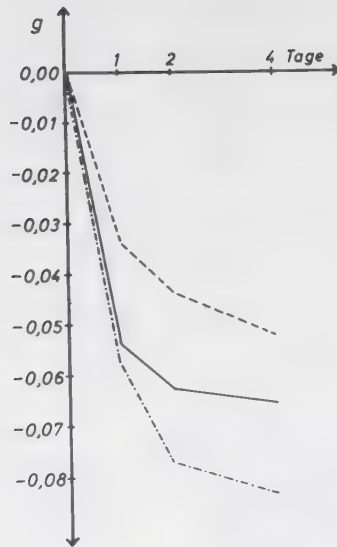


Abb.16 Löslichkeit der Prüfkörper von
Harvard Cement, normalhärtend (---),
Harvard Cement, schnellhärtend (—)
und Durelon (-.-) bei einem Mischungs-
verhältnis von 0,9 g Pulver/0,5 ml
Flüssigkeit

4. VERGLEICH DES FLÜSSIGKEITSVERLUSTES UND DER ANSCHLIESSENDEN WASSERAUFNAHME

Die graphischen Darstellungen (Abb.17 - 21) zeigen, daß in der Austrocknungsperiode von 4 Tagen bei allen untersuchten Mischungsverhältnissen "Durelon" bedeutend mehr Flüssigkeit bzw. flüchtige Substanzen (gemessen in Gramm) abgegeben hat, als die beiden Zinkoxyphosphatzemente. In den darauffolgenden Tagen, in denen die Proben in Wasser gelagert wurden, nahmen die beiden Harvard Cemente mehr Wasser auf, als das Carboxylatzement "Durelon". Die Zinkoxyphosphatzemente erreichten nach 9 Tagen Lagerung in Wasser ungefähr wieder das Ausgangsgewicht, das Carboxylatzement "Durelon" aber nicht. Die graphischen Darstellungen Abb.17 - 21 wurden aus den Tabellen 4a, 4b und 4c (siehe Anhang) hergestellt.

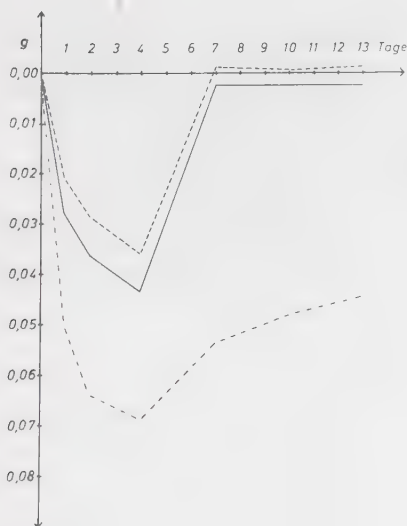


Abb.17 Flüssigkeitsverlust und anschließende Wasseraufnahme der Prüfkörper von Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (-.-) bei einem Mischungsverhältnis von 1,7 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit

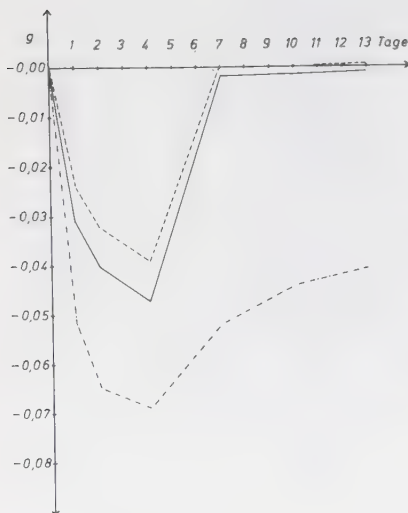


Abb.18 Flüssigkeitsverlust und anschließende Wasseraufnahme der Prüfkörper von Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (-.-) bei einem Mischungsverhältnis von 1,5 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit

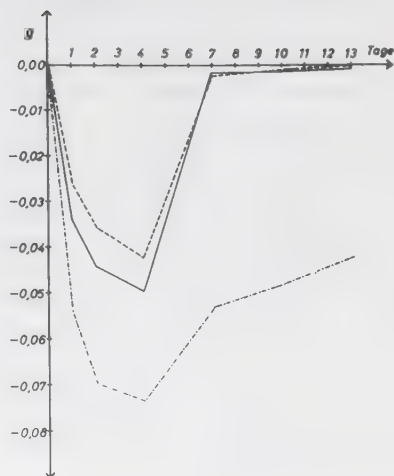


Abb.19 Flüssigkeitsverlust und anschließende Wasseraufnahme der Prüfkörper von Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (-.-) bei einem Mischungsverhältnis von 1,3 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit

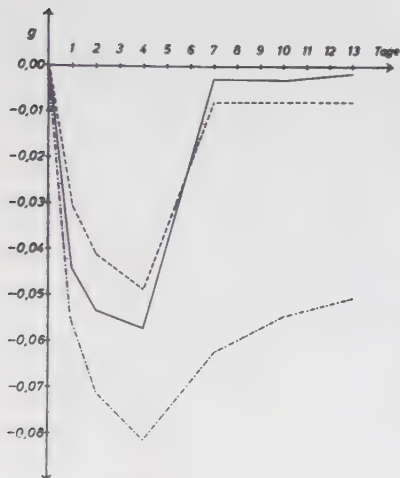


Abb.20 Flüssigkeitsverlust und anschließende Wasseraufnahme der Prüfkörper von Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (-.-) bei einem Mischungsverhältnis von 1,1 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit

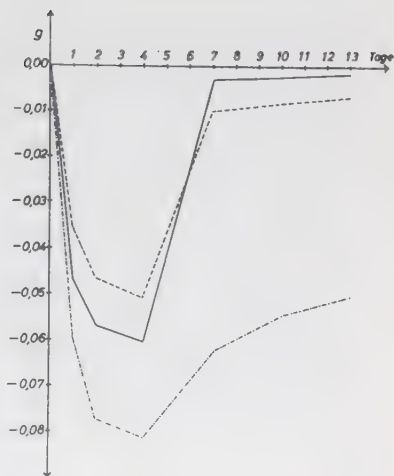


Abb.21 Flüssigkeitsverlust und anschließende Wasseraufnahme der Prüfkörper von Harvard Cement, normalhärtend (---), Harvard Cement, schnellhärtend (—) und Durelon (-.-) bei einem Mischungsverhältnis von 0,9 g Pulver/0,5 ml Flüssigkeit

V. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

1. Zur Methodik

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, bestimmte physikalische Eigenschaften des neuartigen Füllungs-materials "Durelon" mit den unter gleichen Versuchsbedingungen gefundenen Eigenschaften zweier bekannter Zinkoxyphosphatzemente zu vergleichen. Das Hauptgewicht unserer Untersuchungen haben wir auf die Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften von dem wechselndem Mischungsverhältnis der einzelnen Proben gelegt.

Da wir schon bei äußerer Betrachtung feststellen konnten, daß die Beschaffenheit der Flüssigkeit des Carboxylatzementes "Durelon" dicker und zäher ist als bei den Harvard-Zementen, haben wir uns entschlossen, die Flüssigkeit, die nach der F.D.I. Spezifikation für Zinkphosphatzemente Nr. 6 volumenmäßig gemessen wird, gewichtsmäßig zu bestimmen, indem wir mit Hilfe von Pyknometern das Gewicht einer konstanten Flüssigkeitsmenge für die verschiedenen Zementflüssigkeiten feststellten. Es ergaben sich auf Grund der verschiedenen spezifischen Gewichte der Flüssigkeiten unterschiedliche Wäageergebnisse. Diese Methode, eine bestimmte Flüssigkeitsmenge festzustellen, fanden wir günstiger, da sie weniger von Temperaturschwankungen abhängt. Auch darf man nicht die Tatsache außer acht lassen, daß abhängig von der Viskosität der Flüssigkeit ein Teil in der Pipette zurückbleibt.

a) Anmischkonsistenz

Wir hatten nicht die Absicht, die Standardkonsistenz der verschiedenen Zemente zu bestimmen, da eine zu große Divergenz zwischen Experiment und Praxis besteht. In der zahnärztlichen Praxis besteht in den meisten Fällen nicht die Möglichkeit, Mischungsverhältnisse nach objektiven Richtlinien herzustellen. Daher wird die Konsistenz des angemischten Zementbreis immer variieren. Um aber von vergleichbaren Voraussetzungen ausgehen zu können, richteten wir uns bei Anmischtechnik nach den Vorschriften der F.D.I. Spezifikation für Zinkphosphatzemente Nr. 6. Abweichend wurde dabei die Flüssigkeit gewogen statt volumenmäßig bestimmt. Auf dieser Basis wurde die Konsistenz in Abhängigkeit von verschiedenen Mischungsverhältnissen festgestellt, auf die wir unsere weiteren Versuche aufgebaut haben.

b) Dichtigkeit

Eine Methylenblaulösung, die auf Untersuchungskörper einwirkt, läßt unserer Meinung nach einen guten Vergleich zwischen der Dichtigkeit verschiedener Materialien zu. Diese Methode fanden wir bei ALTE (1940) und RUISINGER (1965), die die Eindringtiefe einer Methylenblaulösung in provisorische Füllungsmaterialien als Maßstab für die Dichtigkeit dieser Untersuchungskörper verwendeten. Auch CRAMER (1966) wandte bei seinen Untersuchungen über die Dichtigkeit einiger Zinkoxyphosphatzemente Methylenblau an. Er gebrauchte zwar

nicht dieselbe Versuchsanordnung wie wir, erreichte aber ähnliche Resultate. Er stellte fest, daß die Methylblaulösung bei "Harvard Cement, schnellhärtend" in vergleichbaren Zeiten bedeutend tiefer eingedrungen war als bei den Proben von "Harvard Cement, normalhärtend".

c) Wasseraufnahme und Löslichkeit

Wie auch bei den Untersuchungen auf Flüssigkeitsverlust und anschließende Wasseraufnahme liegt der Schwachpunkt dieser Versuchsanordnung darin, daß wir bei unseren Wägungen stets das Gesamtgewicht von Probe und Glasring feststellten, um dann aus deren Differenz die Gewichtszunahme bzw. Gewichtsabnahme zu errechnen. Bei Austrocknung des Materials besteht die Gefahr einer Schrumpfung, so daß der zwischen Glasring und Probe entstehende Spalt im feuchten Milieu soviel Wasser aufnimmt, daß die Ergebnisse verfälscht werden. Den Glasring und die Zementproben oberflächlich mit Fließpapier zu trocknen, halten wir für günstiger, als z.B. mit Alkohol oder Luft eine oberflächliche Trocknung hervorzurufen.

2. Zu den Untersuchungsergebnissen

a) Konsistenzvergleich

Wir konnten an Hand der Konsistenzprüfungen feststellen, daß mit steigendem Pulveranteil bei gleichbleibender Flüssigkeitsmenge bei allen untersuchten Materialien

eine dickere Konsistenz des Zementbreis zu verzeichnen ist. Mit Hilfe der aus den einzelnen Ergebnissen hergestellten Kurven (Abb.1) ist zu erkennen, daß die Werte von "Harvard Cement, normalhärtend" und "Durelon" sehr dicht beieinander liegen, ganz im Gegensatz zu den Ergebnissen für "Harvard Cement, schnellhärtend". Aus der Lage der Kurven ist zu entnehmen, daß bei unserer Versuchsanordnung und mit dem uns zur Verfügung gestellten Material zu einer konstanten Flüssigkeitsmenge im Durchschnitt bei "Harvard Cement, schnellhärtend" mehr Pulver hinzugegeben werden muß, als bei den beiden anderen Untersuchungsmaterialien, wenn die gleiche Konsistenz erreicht werden soll. Dieser Unterschied gerade zwischen "Harvard Cement, schnellhärtend" und "Harvard Cement, normalhärtend" könnte auf unterschiedliche Korngröße beider Zemente zurückzuführen sein.

Bei richtigem Mischungsverhältnis sind "Harvard Cement, normalhärtend" und "Durelon" in der Konsistenz gleichwertig. Da die Flüssigkeit des "Durelon" visköser ist als die Phosphorsäure der Harvard Cemente und anderer Zinkoxyphosphatzemente, sind wahrscheinlich die anfänglichen Klagen vieler Praktiker über gewisse Mißerfolge mit dem neuen Carboxylat Zement auf eine zu dünne Konsistenz des angemischten Zementes zurückzuführen. Man darf davon ausgehen, daß Zahnarzt und Helferin mit Zinkoxyphosphatzementen zu arbeiten gewohnt sind und daß eine Umstellung auf ein neues Präparat Schwierigkeiten mit sich bringt. Die erhebliche Viskosität der Durelon-Flüssigkeit darf

also nicht dazu Anlaß geben, zu wenig Pulver einzumischen. Bei einem gewichtsmäßig genau festgelegten Mischungsverhältnis bestehen, wie die Abb. 1 zeigt, keine bemerkenswerten Konsistenzunterschiede zwischen "Durelon" und "Harvard Cement, normalhärtend". Um dem Praktiker den Gebrauch dieser neuen Zemente zu erleichtern, sollte man entweder der Verpackung Gemäße zur Dosierung des Pulvers beigeben oder die Flüssigkeit in der Art ändern, daß die Viskosität der der Zinkoxyphosphatzemente gleicht.

b) Dichtigkeitsvergleich

Es fiel auf, daß die Proben, die mit einer 0,1 %igen Methylenblaulösung überschichtet waren, große Unterschiede in den Ergebnissen aufwiesen. Nach unserer Versuchsanordnung erwiesen sich bei allen Mischungsverhältnissen die Proben von "Durelon" als dicht, während sich bei den Proben von "Harvard Cement, schnellhärtend" und "Harvard Cement, normalhärtend" zeigte, daß sich die Dichtigkeit direkt proportional zur Menge des Pulveranteils verhält, d.h. je mehr Pulver zu einer konstanten Menge Flüssigkeit hinzugegeben wird, desto größer wird die Dichtigkeit des Materials, die in unserem Falle anhand der Farbeindringtiefe einer Methylenblaulösung gemessen wurde. Bei den Ergebnissen stach auch hervor, daß die Farbeindringtiefe bei den "Harvard Cementen" um so größer war, je länger das Methylenblau einwirkte; beim "Durelon" blieb sie dagegen so gut wie unverändert.

Wie die Untersuchungen der Proben ergaben, war die Methylenblaulösung beim "Durelon" nur oberflächlich in die Proben eingedrungen. Man kann also sagen, daß das Carboxylatzement "Durelon" als dicht anzusehen ist. Diese Feststellung bezieht sich nur auf das Material selbst. Es fällt auf, daß der Farbstoff bei "Harvard Cement, schnellhärtend" um ein Mehrfaches tiefer in das Zement eingedrungen ist als bei "Harvard Cement, normalhärtend". Gerade bei den dünnen Konsistenzen des Zementbreis macht sich diese ungünstige Eigenschaft des "Harvard Cement, schnellhärtend" sehr stark bemerkbar. Das bedeutet also, daß "Harvard Cement, schnellhärtend" poröser ist, als "Harvard Cement, normalhärtend".

c) Wasseraufnahme und Löslichkeit

Man müßte damit rechnen, daß das gleiche Ergebnis wie bei der Dichtigkeitsuntersuchung auch bei der Bestimmung der Wasseraufnahme als Folge erhöhter Porosität zustande kommt. Ein Vergleich der Kurven (Abb.7 - 11) läßt das aber nicht erkennen, weil die Unterschiede in der Porosität zwischen "Harvard Cement, schnellhärtend" und "Harvard Cement, normalhärtend" offensichtlich zu klein sind, um als Gewichts-differenz klar hervorzutreten. Diese Feststellung zeigt zugleich, daß keine von beiden Untersuchungsarten die andere ersetzen kann. Ein klareres Bild geben uns die Kurven über die anschließende Löslichkeit (Abb. 12 - 16). Hier zeigt sich, daß das Carboxylat-Zement "Durelon" den größten gewichtsmaßigen Flüssigkeitsver-

lust zu verzeichnen hat. Darauf folgt "Harvard Cement, schnellhärtend" und ebenso bei allen Mischungsverhältnissen "Harvard Cement, normalhärtend". Diese Ergebnisse decken sich im großen und ganzen mit denen, die wir bei den Kontrolluntersuchungen auf Flüssigkeitsverlust und anschließende Wasseraufnahme gefunden haben (Abb. 17 - 21). Obwohl die Flüssigkeit des Carboxylat-Zementes ein niedrigeres spezifisches Gewicht hat, zeigt sich in der Austrocknungsperiode von 4 Tagen ein größerer Flüssigkeitsverlust als bei den anderen Zementen. Das Carboxylat-Zement "Durelon" erreichte während der Lagerung in Wasser nicht im entferntesten das Ausgangsgewicht. Die Zinkoxyphosphatzemente jedoch erreichten nach der Lagerung in Wasser wieder ungefähr ihr Ausgangsgewicht, das kurz nach dem Anmischen gemessen wurde.

Wenn wir davon absehen, daß ein Teil der Gewichtszunahme der Proben dadurch bedingt ist, daß sich Wasser in den Spalt zwischen Glasring und Zement einlagert, so können wir doch feststellen, daß sich das untersuchte Carboxylatzement auch bei dieser Untersuchung dichter erwiesen hat, als "Harvard Cement, schnellhärtend" und "Harvard Cement, normalhärtend". Das Volumen der Untersuchungskörper ist am Anfang gleich groß gewesen, der absolute Gewichtsverlust sowohl nach Austrocknung als auch nach Wasseraufnahme bei "Durelon" bedeutend größer gewesen. Daraus können wir entnehmen, daß an der Luft ein Verlust an flüchtigen Substanzen eintritt. Dieser bewirkt wahrscheinlich irreversible Schrumpfung und

geringere sekundäre Wasseraufnahme des Durelon-Zementes. Das Zement hat nicht mehr die Fähigkeit zu quellen. Sowohl bei diesen Kontroll-Untersuchungen als auch bei dem Vergleich der Wasseraufnahme und Löslichkeit wird eine Lösung von Zementsubstanz in Wasser stattgefunden haben. Diese Vermutung bekräftigt ein Vergleich der Tabellen 3c und 4c. Nach 4 Tagen Trocknung zeigt sich bei der Versuchsreihe Wasseraufnahme und Löslichkeit für "Durelon" ein größerer Gewichtsverlust bei allen Mischungsverhältnissen als bei dem Kontrollversuch Flüssigkeitsverlust und anschließende Wasseraufnahme. Die Differenz der Gewichtsmengen kann durch Lösung von Zementsubstanz in Wasser bedingt sein.

Die beiden Zinkoxyphosphatzemente jedoch können durch Wasseraufnahme ihr Ausgangsgewicht beinahe erreichen. Das Carboxylatzement ist auch nach dieser extremen Beanspruchung, die es durch die Austrocknung erfahren hat, relativ dicht.

An dieser Stelle möchten wir aber hinzufügen, daß die Proben von "Durelon" sich wahrscheinlich auf Grund ihres starken Flüssigkeitsverlustes stärker kontrahieren und somit mehr an Volumen verlieren als die Zinkoxyphosphatzemente. Diese Vermutung folgern wir außerdem aus der Tatsache, daß sich die Proben von "Durelon" leichter aus den Glasring entfernen ließen als die Proben der "Harvard Cemente".

Zusammenfassend können wir also sagen, daß das neue Carboxylat-Zement "Durelon" in Bezug auf die Dichtigkeit

bedeutend günstigere Resultate gebracht hat als die beiden Zinkoxyphosphatzemente. Bei richtigem Mischungsverhältnis läßt es sich ähnlich gut verarbeiten wie die "Harvard Cemente".

Andere Ergebnisse zeigten sich bei den Löslichkeitsuntersuchungen und den Untersuchungen auf Flüssigkeitsverlust und anschließende Wasseraufnahme. Vom Material selbst her erwiesen sich die Proben auch nach Verlust der flüchtigen Substanzen als dicht. Inwieweit das Volumen der Proben von "Durelon" dadurch eine Änderung erfährt, können wir mit unseren Untersuchungen nicht aussagen. Wenn man bisherige klinische Erfahrung in Bezug auf Pulpaverträglichkeit und andere experimentelle Untersuchungen mit heranzieht, so können wir sagen, daß die Carboxylatzemente ein Fortschritt für die Zahnheilkunde bedeuten.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurde das Carboxylat-Zement "Durelon" mit zwei herkömmlichen Zinkoxyphosphatzementen ("Harvard Cement, normalhärtend" und "Harvard Cement, schnellhärtend") verglichen. Es wurden Untersuchungen über die Konsistenz, Dichtigkeit, Wasseraufnahme und Löslichkeit sowie Flüssigkeitsverlust und anschließende Wasseraufnahme angestellt.

Folgende Ergebnisse wurden erzielt.

1. Konsistenz

Mit steigendem Pulveranteil bei gleichbleibender Flüssigkeitsmenge war eine festere Konsistenz bei allen untersuchten Materialien festzustellen.

Zu einer konstanten Flüssigkeitsmenge muß im Durchschnitt bei "Harvard Cement, schnellhärtend" mehr Pulver hinzugegeben werden als bei "Harvard Cement, normalhärtend" und "Durelon", wenn die gleiche Konsistenz erreicht werden soll.

Bei gewichtsmäßig hergestelltem Mischungsverhältnis sind "Harvard Cement, normalhärtend" und "Durelon" in der Konsistenz gleichwertig.

Da die Flüssigkeit des Durelon-Zementes visköser ist als die Phosphorsäure der "Harvard Zemente", besteht die Gefahr, daß zu wenig Pulver eingemischt wird. Um dieses zu verhindern, sollten entweder Gemäße der Verpackung zur Dosierung des Pulvers beigegeben werden

oder die Viskosität der Flüssigkeit herabgesetzt werden.

2. Dichtigkeit

Als Material erwies sich "Durelon" bei allen Mischungsverhältnissen als dicht. Es war nach Zerteilung der Proben nur eine oberflächliche Färbung festzustellen. Die Proben der "Harvard Cemente" zeigten, daß sich die Dichtigkeit direkt proportional zur Menge des Pulveranteils im Mischungsverhältnis verhält.

Die Farbeindringtiefe war bei den "Harvard Cementen" um so größer, je länger das Methylenblau einwirkte. Beim "Durelon" dagegen ließ sich so gut wie keine Abhängigkeit von der Zeit feststellen.

Die geringste Dichtigkeit stellten wir bei "Harvard Cement, schnellhärtend" fest. Der Farbstoff war um ein Mehrfaches tiefer in das Zement eingedrungen als bei "Harvard Cement, normalhärtend".

3. Wasseraufnahme und Löslichkeit

Die Differenzen zwischen den einzelnen Ergebnissen über Wasseraufnahme sind zu gering als daß sie aussagekräftig wären. In der Löslichkeitsuntersuchung zeigten die Proben von "Durelon" den größten Gewichtsverlust, gefolgt von "Harvard Cement, schnellhärtend" und "Harvard Cement, normalhärtend". Ähnliche Resultate ergab die Kontrollversuchsreihe Flüssigkeitsverlust und anschlies-

sende Wasseraufnahme. In der Trocknungsperiode tritt ein Verlust an flüchtiger Substanz ein, wodurch wahrscheinlich eine irreversible Schrumpfung und geringere sekundäre Wasseraufnahme des Durelon-Zementes bewirkt wird. Das Zement hat im Gegensatz zu den "Harvard-Cementen" nicht mehr so stark die Fähigkeit zu quellen. Die "Harvard-Cemente" können durch sekundäre Wasseraufnahme den primären Verlust an flüchtigen Substanzen wieder ausgleichen.

VII. SCHRIFTTUM

1. ABRAHAM*) Die technische Entwicklung der
Zahnzemente
Dtsch.Mschr.Zahnheilk.
30, 522-528 (1912)
2. ALTE, U. Prüfung der Durchlässigkeit prov.
Verschlußzemente
Med.Diss.Berlin 1940
3. CRAMER, H.G. Systematische Untersuchungen über
physikalische Eigenschaften ver-
schiedener Zinkoxyd-Phosphat-Zemente
unter besonderer Berücksichtigung
der Filmdicke und ihrer Abhängigkeit
von der Korngrößenverteilung des
Zementpulvers
Med.Diss.Mainz 1966
4. CSERNYEI, J. Experimentelle und bakteriologische
Untersuchungen über Infektion und
Reinfektion der in Behandlung ste-
henden Pulpahöhlen
Zahnärztl.Rdsch. 38, 182 (1929)
5. DEMMEL, H.J. Über die Änderung des pH-Wertes
bei Phosphat- und Polyacrylzementen
Dtsch.zahnärztl.Z. 25, 295-297 (1970)
6. FEDERATION DENTAIRE F.D.I.-Spezifikationen
INTERNATIONALE Spezifikation für Zinkphosphat-
Zement. F.D.I. Spezifikation Nr.6
Zahnärztl.Mitt. 57, 285-289 (1967)

*) Der Vorname dieser Autoren ist im Original nicht angegeben.

7. GRIEVE, A.R. A study of dental cements
Brit.dent.J. 127, 405 (1969)
8. HALLA-KUTZLNIGG Zitiert nach A.KNAPPWOST (s.Nr.12)
9. ILG, V.K. Ecken- und Schneidekantenersatz in
Porzellan im Frontzahnbereich
Zahnärztl.Rdsch.45, 542 (1936)
10. JAKOBSEN^{*)} Über die Schärfe der Säuren des
Phosphatzementes
Zahnärztl.Rdsch.35, 200 (1926)
11. KNAPPWOST, A. Über die Arsendurchlässigkeit pro-
visorischer Verschlussmittel auf
mineralchemischer Grundlage.
Dtsch.zahnärztl.Z. 4, 537 (1949)
12. KNAPPWOST, A. Über die Zersetzung und Zersetzungs-
hemmung der Phosphatzemente im Be-
reich der Mundhöhle
Dtsch.zahnärztl.Z.5, 1022-1030(1950)
13. MEISTER, B. Bemerkungen zu der Arbeit von
Dr. CSERNYEI in der Zahnärztl.
Rdsch. 1929 Nr.5
Zahnärztl.Rdsch.38, 2032-2035 (1929)
14. MILLER, W.D. Lehrbuch der Konservierenden Zahn-
heilkunde. Herausgeg.v.Dr.med.
W.Dieck. 4. umgearbeitete Auflage,
Leipzig 1908, Verlag Georg Thieme
15. MORGENSTERN, M. Untersuchungen der Silikat- und
Zinkphosphatzemente unter besonde-
rer Berücksichtigung ihrer physika-
lischen Eigenschaften
Öst.Ung.Vschr.Zahnheilk.21, 514 (1905)

16. MORTIMER, K.V.
TRANter, T.C. A preliminary laboratory evaluation
of polycarboxylate cements
Brit.dent.J. 127, 365 (1969)
17. RATTEL, G. Experimentelle Untersuchungen zur
Frage des Abschlusses wurzelbehandelter
Zahnstümpfe mit Phosphatzement
Dtsch.zahnärztl.Wschr.34, 1232 (1931)
18. RUISINGER, H.G. Vergleichende Untersuchungen über
Dichtigkeit, Wasseraufnahme und Löslichkeit
von provisorischen Füllmaterialien
Med.Diss.Tübingen 1965
19. SMITH, D.C. A new dental cement
Brit.dent.J. 125, 381 (1968)
20. VASSMER, A. Die Eigenschaften des Phosphatzementes
Ortophos in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis
Med.Diss.Erlangen 1938
21. VOLKMANN, K.H. Vergleichende Untersuchungen an
Phosphatzementen
Med.Diss.Frankfurt 1954
22. WALKHOFF, O.
HESS, W. Lehrbuch der Konservierenden Zahnheilkunde. 6. Auflage
J.A.Barth Verlag, Leipzig 1960
23. WANNENMACHER, E. Zahnerhaltungskunde
in: HOFER, REICHENBACH,
SPRETER V. KREUDENSTEIN, WANNENMACHER:
Lehrbuch der klinischen Zahnheilkunde 2. Bd.
J.A. Barth Verlag, Leipzig 1960

24. WERKENTHIN, A.

System der zahnärztlichen Kronen
und Brückenarbeiten

Bd.1, Berlin 1921

Berlinische Verlagsanstalt

VIII. ANHANG: TABELLEN

1. KONSISTENZVERGLEICH

Tab. 1 a

Harvard Cement, normalhärtend

Pulvermenge : 2000 mg fallend um je 100 mg auf 900 mg
Flüssigkeitsmenge: 0,5 ml = 887 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	N	Arithmetisches Mittel d. Durchmesser
2000 : 887	5	14,09
1900 : 887	5	14,73
1800 : 887	5	16,15
1700 : 887	5	17,03
1600 : 887	5	17,70
1500 : 887	5	18,85
1400 : 887	5	19,94
1300 : 887	5	21,68
1200 : 887	5	23,38
1100 : 887	5	25,25
1000 : 887	5	27,44
900 : 887	5	30,49

Die angegebenen Ergebnisse stellen jeweils das arithmetische Mittel der kleinsten und größten Durchmesser aus 5 Proben eines Mischungsverhältnisses dar (gemessen in mm).

Graphische Darstellung: Abb. 1

Tab. 1 b

Harvard Cement, schnellhärtend

Pulvermenge : 2000 mg fallend um je 100 mg auf 1200 mg

Flüssigkeitsmenge: 0,5 ml = 857 mg

<u>Mischungsverhältnis</u> <u>Pulver : Flüssigkeit</u>	<u>N</u>	<u>Arithmetisches</u> <u>Mittel d. Durchmesser</u>
2000 : 857	5	11,63
1900 : 857	5	14,16
1800 : 857	5	15,74
1700 : 857	5	18,28
1600 : 857	5	19,36
1500 : 857	5	22,02
1400 : 857	5	24,71
1300 : 857	5	26,71
1200 : 857	5	30,04

Die angegebenen Ergebnisse stellen jeweils das arithmetische Mittel der kleinsten und größten Durchmesser aus 5 Proben eines Mischungsverhältnisses dar (gemessen in mm).

Graphische Darstellung: Abb. 1

Tab. 1 c

Durelon

Pulvermenge : 1700 mg fallend um je 100 mg auf 800 mg

Flüssigkeitsmenge: 0,5 ml = 578 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	N	Arithmetisches Mittel d. Durchmesser
1700 : 578	5	15,18
1600 : 578	5	17,05
1500 : 578	5	18,16
1400 : 578	5	20,22
1300 : 578	5	21,40
1200 : 578	5	23,03
1100 : 578	5	24,97
1000 : 578	5	27,56
900 : 578	5	28,94
800 : 578	5	32,31

Die angegebenen Ergebnisse stellen jeweils das arithmetische Mittel der kleinsten und größten Durchmesser aus 5 Proben eines Mischungsverhältnisses dar (gemessen in mm).

Graphische Darstellung: Abb. 1

2. DICHTIGKEITSVERGLEICH

Tab. 2 a

Harvard Cement, normalhärtend

Pulvermenge : 900 mg steigend um 200 mg auf 1700 mg
Flüssigkeitsmenge: 0,5 ml = 887 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	Eindringtiefe in mm nach Tagen				
	1	2	4	8	16
900 : 887	0,2217	0,2797	0,3426	0,5795	0,7433
1100 : 887	0,1738	0,2066	0,2015	0,3401	0,3603
1300 : 887	0,1688	0,1889	0,1839	0,2166	0,2696
1500 : 887	0,1461	0,1663	0,1537	0,1889	0,2192
1700 : 887	0,1133	0,1158	0,1159	0,1511	0,1914

Jeder Wert stellt einen Durchschnittswert von 3 Proben dar.

Von jeder Probe wurden 5 Einzelmessungen durchgeführt

Graphische Darstellung: Abb. 2 - 6

Tab. 2 b

Harvard Cement, schnellhärtend

Pulvermenge : 900 mg steigend um 200 mg auf 1700 mg
Flüssigkeitsmenge : 0,5 ml = 857 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	Eindringtiefe in mm nach Tagen				
	1	2	4	8	16
900 : 857	1,2474	1,3330	1,6606	2,3057	3,7710
1100 : 857	0,8038	0,8517	1,3733	1,5018	2,9804
1300 : 857	0,5014	0,5115	0,7106	1,0079	1,9476
1500 : 857	0,2645	0,4384	0,6199	0,6778	1,2926
1700 : 857	0,1814	0,2066	0,3704	0,5266	0,6743

Jeder Wert stellt einen Durchschnittswert von 3 Proben dar.

Von jeder Probe wurden 5 Einzelmessungen durchgeführt.

Graphische Darstellung: Abb. 2 - 6

Tab. 2 c

Durelon

Pulvermenge : 900 mg steigend um 200 mg auf 1700 mg
 Flüssigkeitsmenge: 0,5 ml = 578 mg

Mischungsverhältnis Pulver : Flüssigkeit	Eindringtiefe in mm nach Tagen				
	1	2	4	8	16
900 : 578	0,0500	0,0660	0,0680	0,0750	0,0780
1100 : 578	0,0500	0,0690	0,0700	0,0710	0,0890
1300 : 578	0,0620	0,0620	0,0580	0,0700	0,0890
1500 : 578	0,0620	0,0420	0,0680	0,0820	0,0890
1700 : 578	0,0540	0,0430	0,0600	0,0760	0,0670

Jeder Wert stellt einen Durchschnittswert von 3 Proben dar.

Von jeder Probe wurden 5 Einzelmessungen durchgeführt.

Graphische Darstellung: Abb. 2 - 6

3. VERGLEICH DER WASSERAUFNAHME UND LÖSLICHKEIT

Tab. 3 a

Harvard Cement, normalhärtend

Pulvermenge : 1700 mg fallend um je 200 mg bis auf 900 mg
 Flüssigkeitsmenge: 0,5 ml = 887 mg

Mischungsverh.	Gew.-Abnahme bzw. Gew.-Zunahme in g nach Tagen					
Pulv. : Flüssigk.	3	6	9	1	2	4
1700 : 887	+0,0057	+0,0070	+0,0072	-0,0179	-0,0256	-0,0338
1500 : 887	+0,0040	+0,0042	+0,0043	-0,0180	-0,0258	-0,0347
1300 : 887	+0,0048	+0,0051	+0,0049	-0,0213	-0,0297	-0,0380
1100 : 887	+0,0049	+0,0048	+0,0046	-0,0250	-0,0346	-0,0427
900 : 887	+0,0045	+0,0045	+0,0040	-0,0335	-0,0438	-0,0522

Die Werte beziehen sich alle auf den Ausgangswert, d.h. auf das Gewicht der Proben 1/2 Std. nach Anrührbeginn. Jeder Wert ist das arithmetische Mittel aus 5 Einzelwerten.

Nach dem 9. Tag wurden die Proben in den Trockenschrank bei 37°C gegeben.

Graphische Darstellung: Abb. 7 - 16

Tab. 3 b

Harvard Cement, schnellhärtend

Pulvermenge : 1700 mg fallend um je 200 mg bis auf 900 mg
 Flüssigkeitsmenge: 0,5 ml = 857 mg

Mischungsverh.	Gew.-Abnahme bzw. Gew.-Zunahme in g nach Tagen					
Pulv. : Flüssigk.	3	6	9	1	2	4
1700 : 857	+0,0041	+0,0048	+0,0055	-0,0225	-0,0305	-0,0386
1500 : 857	+0,0044	+0,0053	+0,0060	-0,0299	-0,0394	-0,0465
1300 : 857	+0,0042	+0,0052	+0,0059	-0,0344	-0,0444	-0,0513
1100 : 857	+0,0032	+0,0038	+0,0039	-0,0421	-0,0512	-0,0560
900 : 857	+0,0016	+0,0019	+0,0018	-0,0538	-0,0627	-0,0658

Die Werte beziehen sich auf den Ausgangswert, d.h. auf das Gewicht der Proben 1/2 Std. nach Anrührbeginn. Jeder Wert ist das arithmetische Mittel aus 5 Einzelwerten.

Nach dem 9. Tag wurden die Proben in den Trockenschrank bei 37°C gegeben.

Graphische Darstellung: Abb. 7 - 16

Tab. 3 c

Durelon

Pulvermenge : 1700 mg fallend um je 200 mg bis auf 900 mg
 Flüssigkeitsmenge: 0,5 ml = 578 mg

Mischungsverh.	Gew.-Abnahme bzw. Gew.-Zunahme in g nach Tagen					
Pulv. : Flüssigk.	3	6	9	1	2	4
1700 : 578	+0,0064	+0,0086	+0,0095	-0,0474	-0,0661	-0,0703
1500 : 578	+0,0056	+0,0080	+0,0103	-0,0517	-0,0685	-0,0734
1300 : 578	+0,0055	+0,0077	+0,0090	-0,0545	-0,0702	-0,0754
1100 : 578	+0,0020	+0,0030	+0,0042	-0,0553	-0,0749	-0,0802
900 : 578	+0,0033	+0,0045	+0,0053	-0,0569	-0,0772	-0,0836

Die Werte beziehen sich alle auf den Ausgangswert, d.h. auf das Gewicht der Proben 1/2 Std. nach Anrührbeginn. Jeder Wert ist das arithmetische Mittel aus 5 Einzelwerten.

Nach dem 9. Tag wurden die Proben in den Trockenschrank bei 37°C gegeben.

Graphische Darstellung: Abb. 7 - 16.

4. VERGLEICH DES FLÜSSIGKEITSVERLUSTES UND DER ANSCHLIESSENDEN WASSERAUFNAHME

Tab. 4 a

Harvard Cement, normalhärtend

Pulvermenge : 1700 mg fallend um 200 mg bis auf 900 mg
Flüssigkeitsmenge: 0,5 ml = 887 mg

Mischungsverh. Pulv. : Flüssigk.	Gew.-Abnahme bzw.		Gew.-Zunahme in g nach Tagen			
	1	2	4	3	6	9
1700 : 887	-0,0212	-0,0289	-0,0361	+0,0012	+0,0005	+0,0016
1500 : 887	-0,0235	-0,0323	-0,0390	+0,0000	+0,0001	+0,0008
1300 : 887	-0,0260	-0,0355	-0,0423	-0,0025	-0,0010	-0,0001
1100 : 887	-0,0302	-0,0412	-0,0491	-0,0077	-0,0074	-0,0075
900 : 887	-0,0357	-0,0469	-0,0511	-0,0099	-0,0082	-0,0068

Die Werte beziehen sich auf den Ausgangswert, d.h. auf das Gewicht der Proben 1/2 Std. nach Anrührbeginn.

Jeder Wert ist das arithmetische Mittel aus 5 Einzelwerten.

Nach dem 4. Tag wurden die Proben in destilliertes Wasser gegeben.

Graphische Darstellung: Abb. 17 - 21

Tab. 4 b

Harvard Cement, schnellhärtend

Pulvermenge : 1700 mg fallend um je 200 mg bis auf 900 mg
 Flüssigkeitsmenge: 0,5 ml = 857 mg

Mischungsverh.	Gew.-Abnahme		bzw. Gew.-Zunahme		in g nach Tagen		
Pulv. : Flüssigk.	1	2	4	3	6	9	
1700 : 857	-0,0279	-0,0365	-0,0436	-0,0025	-0,0024	-0,0024	
1500 : 857	-0,0309	-0,0403	-0,0472	-0,0017	-0,0014	-0,0009	
1300 : 857	-0,0340	-0,0444	-0,0498	-0,0017	-0,0015	-0,0008	
1100 : 857	-0,0444	-0,0533	-0,0578	-0,0028	-0,0032	-0,0016	
900 : 857	-0,0469	-0,0574	-0,0609	-0,0029	-0,0023	-0,0016	

Die Werte beziehen sich auf den Ausgangswert, d.h. auf das Gewicht der Proben 1/2 Std. nach Anrührbeginn. Jeder Wert ist das arithmetische Mittel aus 5 Einzelwerten.

Nach dem 4. Tag wurden die Proben in destilliertes Wasser gegeben.

Graphische Darstellung: Abb. 17 - 21

Tab. 4 c

Durelon

Pulvermenge: : 1700 mg fallend um je 200 mg bis auf 900 mg
 Flüssigkeitsmenge: 0,5 ml = 578 mg

Mischungsverh.	Gew.-Abnahme bzw. Gew.-Zunahme in g nach Tagen					
Pulv. : Flüssigk.	1	2	4	3	6	9
1700 : 578	-0,0503	-0,0641	-0,0692	-0,0542	-0,0487	-0,0449
1500 : 578	-0,0515	-0,0651	-0,0690	-0,0520	-0,0443	-0,0408
1300 : 578	-0,0541	-0,0695	-0,0737	-0,0534	-0,0486	-0,0426
1100 : 578	-0,0554	-0,0713	-0,0756	-0,0564	-0,0507	-0,0463
900 : 578	-0,0596	-0,0776	-0,0819	-0,0633	-0,0555	-0,0515

Die Werte beziehen sich auf den Ausgangswert, d.h. auf das Gewicht der Proben 1/2 Std. nach Anrührbeginn. Jeder Wert ist das arithmetische Mittel aus 5 Einzelwerten.

Nach dem 4. Tag wurden die Proben in destilliertes Wasser gegeben.

Graphische Darstellung: Abb. 17 - 21

Herrn Professor Dr. A. Kröncke möchte ich
für die Überlassung des Themas und für seine
Anleitung zu dieser Arbeit herzlich danken.

LEBENS LAUF

Am 4.8.1941 wurde ich, Peter Hauch, als Sohn des Zahnarztes Dr. Günther Hauch und seiner Ehefrau Otti, geborene Behrmann, in Kellinghusen geboren.

1952 trat ich nach vierjähriger Grundschule in Kellinghusen in das Humanistische Gymnasium der Kaiser-Karl-Schule in Itzehoe ein. Nach neunjährigem Besuch legte ich im Februar 1961 die Reifeprüfung ab. Vom April 1961 bis Juli 1962 leistete ich meinen Wehrdienst ab.

Im Wintersemester 1962/63 immatrikulierte ich mich an der Freien Universität Berlin zum Studium der Zahnheilkunde. Im Wintersemester 1963/64 wechselte ich an die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Hier bestand ich am 17.5.1965 die Zahnärztliche Vorprüfung. Am 5.3.1968 beendete ich mein Studium mit dem Staatsexamen an der Universität Erlangen-Nürnberg.

Seit dem 1.4.1968 bin ich als Assistent an der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkranke der Universität Erlangen-Nürnberg tätig.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990
